

Konstruktion av buntningsenhet för sliprondeller

David Nygård

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2023

EXAMENSARBETE

Författare: David Nygård
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktning: Maskinkonstruktion
Handledare: Jonas Holmlund, Mirka
Kenneth Ehrström, Yrkeshögskolan Novia

Titel: Konstruktion av buntningsenhet för sliprondeller

Datum: 15.3.2023 Sidantal: 23

Abstrakt

Detta examensarbete är gjort på uppdrag av Mirka Ab som ett beställningsarbete. Arbetet gjordes vid företagets konstruktionsavdelning i Oravais. Mirka är ett företag som utvecklar och producerar slipmedel, slipmaterial och slipverktyg av hög kvalitet. Mirka är en stor arbetsgivare med över 1400 anställda och 18 dotterbolag runt om i världen.

Syftet med arbetet var att planera och konstruera en ny, effektivare buntningsenhet för 225mm sliprondeller. Behovet av en effektivare buntningsenhet kom från en ökad efterfrågan på denna specifika dimension av sliprondeller. Detta till följd av ökad försäljning av Mirkas slipmaskiner som är gjorda för denna rondelldimension.

Krav som ställdes på den nya buntningsenheten var att den skulle vara lätt att använda och ställa in samtidigt som säkerhet och ergonomi skulle tas i beaktande. Konstruktionen skulle även vara kompatibel med befintliga maskiner, vad gäller yttre mått och drivning. Arbetet avgränsades till att göra en fullständig 3D-modell av buntningsenheten enligt de krav som ställts. Till detta arbete hör inte tillverkningsritningar eller manualer.

Metoder som använts under processens gång är kravlista, konceptgenerering, konceptval och 3D-modellering i CAD-program. Informationssökning gjordes i form av intervjuer med produktionspersonal, mekaniker och konstruktörer på Mirka samt genom fördjupning i grundläggande väsentlig teori.

På grund av att buntningsenheten har flera delfunktioner gjordes delkoncept till varje funktion. Resultatet består av både nya lösningar och vidareutvecklade befintliga lösningar till de olika delfunktionerna. Resultatet blev en fullständig sammanställning av delkoncepten som i sin helhet uppfyller de krav som ställts.

Språk: svenska

Nyckelord: konstruktion, CAD, produktutveckling,

BACHELOR'S THESIS

Author: David Nygård
Degree Program: Mechanical and Production Engineering, Vaasa
Specialization: Mechanical Construction Engineering
Supervisor(s): Jonas Holmlund, Mirka
Kenneth Ehrström, Novia University of applied sciences

Title: Construction of Stacking Unit for Abrasive Discs

Date: 15.3.2023 Number of pages: 23

Abstract

This thesis was done on behalf of Mirka Ab as a commissioned project. The work was done at the company's construction department in Oravais. Mirka is a company that develops and produces high-quality abrasive materials and abrasive tools. Mirka is a large employer with over 1,400 employees and 18 subsidiaries around the world.

The purpose of the work was to plan and construct a new, more efficient stacking unit for 225mm abrasive discs. The need for a more efficient stacking unit came from an increased demand for this specific dimension of abrasive discs. This is a result of increased sales of Mirka's grinding machines that are made for this disc-dimension.

Requirements for the new stacking unit were that it should be easy to use and set up while taking safety and ergonomics into account. The design would also be compatible with existing machines, in terms of external dimensions and drive. The work was limited to making a complete 3D model of the stacking unit according to the requirements set. This work does not include manufacturing drawings or manuals.

Methods used during the process are requirements list, concept generation, concept selection and 3D modeling in CAD software. Gathering of information was done in the form of interviews with production staff, mechanics and designers at Mirka as well as by studying basic essential theory.

Because the stacking unit has several sub-functions, sub-concepts were made for each function. The result consists of both new solutions and further developed existing solutions for the various sub-functions. The result was a complete compilation of the sub-concepts which meet the requirements set.

Language: Swedish

Key words: construction, CAD, product development

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Mål.....	2
1.4	Avgränsning.....	2
1.5	Företagsbeskrivning.....	2
1.6	Disposition	4
2	Teori	5
2.1	Produktutvecklingsprocessen	5
2.2	Utvecklingskedan.....	5
2.3	Generering och val av koncept	6
2.4	CAD-program	7
2.5	Tillverkningsmetoder	8
2.5.1	Avverkande bearbetning.....	9
2.5.2	Bockning.....	10
2.5.3	Laserskärning	11
2.6	Buntning.....	11
2.6.1	Materialegenskaper	12
2.6.2	Kedje- och remdrift	13
2.6.3	Roterande och linjär lagring.....	14
2.6.4	Servodrift.....	16
3	Metod	17
3.1	Kravlista	17
3.2	Koncept.....	18
4	Resultat.....	19
4.1	Bunthiss.....	21
5	Diskussion	22
5.1	Slutord	22
6	Litteraturförteckning	23

Figurförteckning

Figur 1. <i>Mirka Ab i Jeppo.</i> (Mirka, u.d.).....	3
Figur 2. <i>Fräsning av detalj.</i> (Industry today, 2023).....	9
Figur 3. <i>Bockning av detalj.</i> (Komaspec, 2022).....	10
Figur 4. <i>Olika typer av rondeller.</i> (Mirka.com, 2023).....	12
Figur 5. <i>Kedjedrift med dynamisk spännare.</i>	13
Figur 6. <i>Rullningslager.</i> (SKF).....	14
Figur 7. <i>Linjärt glidlager för vertikal rörelse.</i>	15
Figur 8. <i>Buntningsenhet.</i>	20
Figur 9. <i>Buntningsenhet ur sidoperspektiv.</i>	20
Figur 10. <i>Bunthiss.</i>	21

1 Inledning

Examensarbetet är ett samarbete mellan ett företag och en studerande i slutskedet av ingenjörstudier där den studerande fått i uppdrag att, med hjälp av sina från utbildningen erhållna kunskaper, utveckla en lösning till ett problem. Ett problem i denna mening kan syfta på exempelvis förbättring av en befintlig process/produkt eller utveckling av en ny process/produkt.

I detta kapitel behandlas, bakgrunden, syftet och målet med examensarbetet. Avgränsningar för arbetet samt en kort företagsbeskrivning avslutar kapitlet.

1.1 Bakgrund

Detta examensarbete gjordes åt Mirka Ab som ett beställningsarbete. Sommaren 2022 fick jag möjligheten att praktisera som konstruktör vid Mirkas interna konstruktionsavdelning i Oravais. Arbetsuppgifterna innefattade konstruktion av komponenter och delar till produktionsmaskiner. Under praktikperioden erhöles relativt stor förståelse för produktionsmaskinernas funktion och uppbyggnad, vilket resulterade i ett intresse att göra examensarbetet om en liknande maskin.

Efter praktikperioden togs diskussionen upp om ett eventuellt uppdrag som skulle vara lämpligt för ett examensarbete. Ett möte ordnades med handledare från såväl skolan som uppdragsgivaren och riktlinjer för arbetet fastställdes.

1.2 Syfte

Syftet med detta uppdrag var att konstruera en ny effektivare bunningsenhet för 225 mm slipmaterialsronddeller. Orsaken till behovet av en effektivare bunningsenhet var att efterfrågan på denna specifika dimension av sandpapper stigit och förväntas stiga ytterligare i samband med att efterfrågan konstant stiger på Mirkas slipverktyg som är kompatibla med denna dimension av sandpapper. I dagens läge utförs stansning och packning av denna dimension med relativt långsamma metoder men med hjälp av en ny bunningsenhet kunde förädlingsprocessen effektiviseras.

1.3 Mål

Målet med arbetet var att konstruera en 3D-modell av en bunningsenhet för 225 mm slipmaterialsronddeller. Konstruktionen skulle vara ergonomisk och lätt att använda, kalibrera och underhålla. Konstruktionen skulle även vara sådan att den är kompatibel med andra befintliga maskiner i tillverkningslinjen, vad gäller yttre mått och drivning av rörliga komponenter.

1.4 Avgränsning

Detta examensarbete avgränsades till att göra en fullständig 3D-modell av bunningsenheten. I arbetet ingick inte att göra tillverkningsritningar, manualer eller automationsplanering.

1.5 Företagsbeskrivning

Mirka grundades år 1943 i Helsingfors. På grund av ekonomiska svårigheter flyttade företaget år 1962 till Jeppo där det fyra år senare köptes av Oy Keppo Ab. Redan under 1960-talet hade Mirka stor export utomlands och under 1970-talet översteg exporten 50 % av omsättningen. För att klara sig mot konkurrensen internationellt valde man att satsa på utvecklingen av produkter med hög standard. Man siktade på att tillverka industriprodukter av högsta kvalitet och för detta behövdes moderna maskiner, som inskaffades i samband med byggandet av en ny fabrik i Jeppo år 1972. År 1977 flyttade Mirka en del av verksamheten till Oravais där fabriken efter det byggts ut ett flertal gånger.

Mirka är idag en banbrytande specialist inom tillverkning och utveckling av flexibla slipmaterial. Andra produkter som Mirka utvecklar och producerar är olika typer av slipmaskiner, polermedel och tillbehör till dessa. Av de produkter som Mirka säljer exporteras över 97% till mer än 100 länder världen över.

Mirka har idag anläggningar i Jakobstad, Karis, Oravais och Jeppo. Anläggningen i Jeppo är störst av de ovannämnda och där finns även Mirkas huvudkontor och avdelningarna för forskning och utveckling. Utöver detta har Mirka 18 dotterbolag internationellt. Mirka är idag arbetsgivare åt över 1400 personer och hade år 2021 en omsättning på över 260 miljoner euro. (Mirka.com, 2023).



Figur 1. *Mirka Ab i Jeppo. (Mirka, u.d.).*

1.6 Disposition

Examensarbetets olika kapitel listas nedan och innehållet i varje kapitel presenteras kortfattat.

1. Inledning

I första kapitlet beskrivs uppdraget och dess syfte samt bakgrunden till arbetet. Uppdragsgivaren presenteras och arbetets avgränsningar definierar omfattningen av arbetet.

2. Teori

Teorikapitlet behandlar den teori som arbetet är baserat på. Processen för produktutveckling, samt teorin bakom CAD- program och tillverkningsmetoder beskrivs. Kapitlet innehåller även kortfattade beskrivningar av några principer och funktioner i en bunningsenhet

3. Metod

Tredje kapitlet beskriver metoderna som använts i arbetets olika skeden för att slutligen åstadkomma ett resultat. Här behandlas de krav och önskemål som satts upp för arbetet samt konceptgenereringen.

4. Resultat

I resultatkapitlet presenteras den slutliga lösningen på den inledande uppgiften. Kapitlet innehåller även 3D-modeller av bunningsenheten samt beskrivning av olika dellösningar

5. Diskussion

I sista kapitlet diskuteras examensarbetet i sin helhet och det reflekteras över utförandet och resultatet.

2 Teori

I teorikapitlet behandlas den teori som detta examensarbete grundar sig på. Inledningsvis går man närmare in på grunderna i produktutvecklingsprocessen och dess olika skeden. Efteråt följer genomgång av CAD-program samt av olika tillverkningsmetoder som används vid tillverkning av komponenter i metall. Kapitlet behandlar även bunningsprocessen och några väsentliga aspekter gällande denna process.

Teorin gällande bunningsprocessen kommer till stor del från erfarenhet och iakttagelser samt från intervjuer med synnerligen erfarna personer.

2.1 Produktutvecklingsprocessen

I processen för produktutveckling krävs det att samarbetet fungerar mellan alla inblandade parter. Alla aktörer bör vara insatta i hur produktutvecklingsprocessen ska framskrida samt vilka metoder och hjälpmedel som används. Detta samarbete fordras för att slutprodukten ska bli så bra som möjligt. Utvecklingsprocessens mål är att produkten eller tjänsten som tas fram skall vara en konkurrenskraftig lösning som ur ett kostnadsperspektiv gynnar företaget. För att ett företag ska erhålla och upprätthålla en stadig kundkrets krävs det en efterfrågan på produkten eller tjänsten man erbjuder samt att man kontinuerligt utvecklas i takt med samhället och konkurrensen på marknaden. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 60-61).

2.2 Utvecklingskeden

Produktutvecklingsprocessen består av ett flertal olika skeden. En analys av marknaden krävs i ett inledande skede för att identifiera behovet att en produkt samt utbudet av produkter från konkurrenter. Efteråt görs en förstudie där man lägger upp grundläggande villkor för projektet så att man vet vart man är på väg. När förstudien är gjord görs en produktspecifikation där man slår fast de önskemål och krav som ställts, som bör följas

under resterande skeden av utvecklingsprocessen. I kravlistan finns både krav och önskemål på allt från produktens funktion och utseende till dess säkerhet och hållbarhet. Denna kravlista är till hjälp vid konceptgenerering och val av koncept.

Följande skede i processen är konceptgenerering som kan göras antingen med hjälp av kreativ brainstorming eller genom systematiska analyser och intervjuer. När ett antal koncept genererats görs en jämförelse mot kravlistan och ett konceptval görs. Av detta koncept görs detaljkonstruktioner som tillverkas till en prototyp. Prototypen testas och eventuella anpassningar och förändringar görs före marknadsintroduktion av produkten. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 115-118).

2.3 Generering och val av koncept

Skedet för konceptgenerering består av att man söker olika lösningar på ett problem. Detta görs genom att utveckla olika layouter, skisser och förslag till lösningar som i sin tur analyseras, utvärderas och jämförs. En produkt kan ha flera funktioner och i sådana fall delas funktionerna upp i delfunktioner som man var för sig utvecklar delkoncept för. När ett så bra koncept som möjligt hittats för var och en av delfunktionerna sätts delkoncepten ihop till ett slutligt koncept för hela produkten. Den slutliga lösningen bör uppfylla alla kraven som ställts upp i produktspecifikationen.

Vid valet av koncept görs jämförelser mellan de olika koncepten. Detta kan göras med poängsystem baserat på hur bra de uppfyller kraven i kravlistan. Andra metoder för jämförelse är teoretiska jämförelser med simuleringsprogram och uträkningar eller experimentella jämförelser. Vid jämförelse och eliminering av koncept kan det uppstå nya idéer och mellanvägar där man slår ihop egenskaperna hos olika lösningar till en ny lösning. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 119-123).

2.4 CAD-program

Ett CAD-program är ett designverktyg till datorer. Sådana program används storskaligt inom många branscher runt om i hela världen. Förkortningen CAD står för Computer Aided Design.

SolidWorks är ett av många CAD-program som finns att välja mellan. Det används huvudsakligen inom mekanikkonstruktion och med hjälp av dess stora variation av moduler, funktioner och tillägg har man möjlighet att göra programmet ändamålsenligt för ett önskat användningssyfte. SolidWorks är ett program för design i både två och tre dimensioner, där man i detta arbete fokuserar på tre huvudmoduler: *part*, *assembly* och *drawing*. Med dessa funktioner kan man bygga upp enskilda komponenter i 3D, göra sammanställningar av komponenter i 3D samt färdigställa ritningar i 2D, för tillverkning och montering av komponenter. En enskild komponent, så kallad *part*, modelleras upp tredimensionellt genom att göra en skiss ur ett sidoperspektiv, för att sedan extrudera denne i någon riktning så att den blir en tredimensionell detalj. Denna detalj kan sedan modifieras med programmets olika funktioner genom att addera eller subtrahera material tills detaljen har önskade former och egenskaper. Av två eller flera *parts* görs en sammanställning, så kallad *assembly*, genom att man binder samman detaljerna med olika villkor till en fast eller rörlig konstruktion. För att slutligen kunna tillverka och montera *parts* och *assemblies* krävs ritningar, så kallade *drawings*. Dessa är tvådimensionella vyer där mått och tillverkningstoleranser sätts ut.(SolidWorks, 2023).

2.5 Tillverkningsmetoder

Tillverkningsmetoder är förfaranden för att åstadkomma önskade utseenden och egenskaper hos råmaterial genom att omforma, sammanfoga eller avlägsna material.

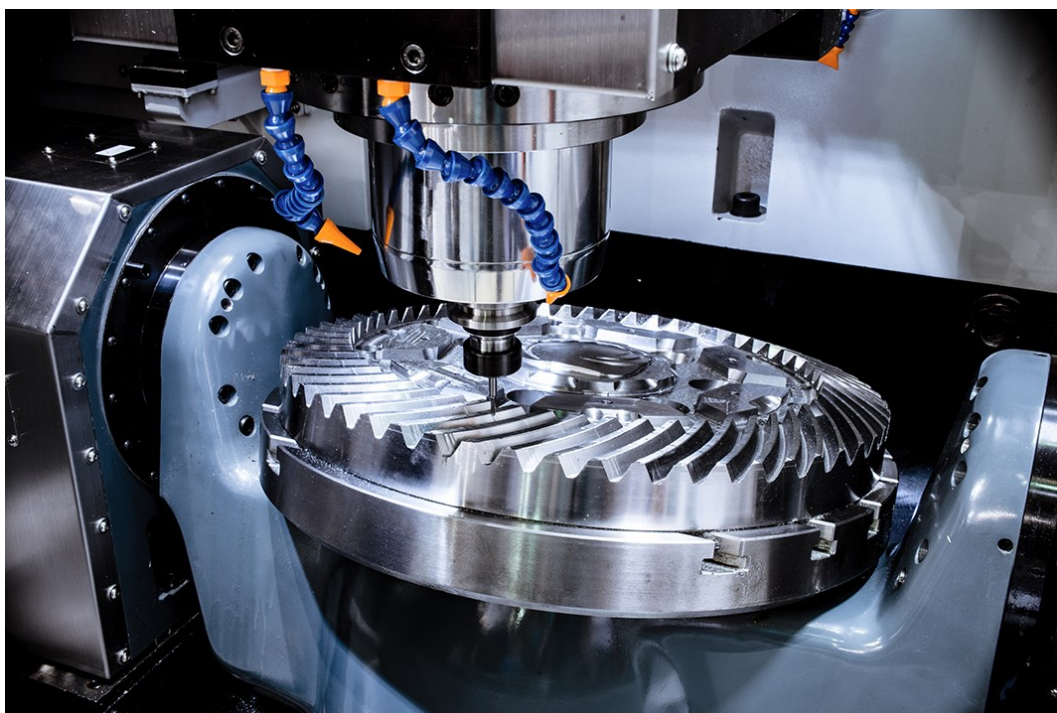
I skedet för detaljkonstruktion är det ytterst viktigt att man tar i beaktande om och med vilka metoder det är möjligt att tillverka de detaljer och komponenter man modellerat. För att åstadkomma en kostnadseffektiv och konkurrenskraftig slutprodukt är det önskvärt att nya detaljer som modelleras går att tillverka med förmånliga och effektiva metoder, så långt det är möjligt och rimligt. Baskunskaper inom de vanligaste tillverkningsmetoderna är således till stor nytta för en konstruktör. Dessa hjälper konstruktören att under hela modelleringsprocessen se på modellen ur ett tillverkningsperspektiv och på så sätt identifiera och redigera detaljer, som vid tillverkningskedet skulle kräva dyra tillverkningsmetoder eller helt enkelt vara omöjliga att förverkliga med konventionella metoder. Valet av tillverkningsmetod är även starkt beroende av noggrannhetstoleranser samt val av råmaterial.

2.5.1 Avverkande bearbetning

Avverkande bearbetningsmetoder delas in i två grupper: styckskärande och spånskärande.

Styckskärande bearbetning innefattar bland annat klippning och stansning. Dessa metoder används för att fördela råmaterial till önskade former och dimensioner, genom att via ett eller flera brett applicera en vinkelrät kraft på råmaterialet. Styckskärande bearbetning används huvudsakligen enbart vid arbete i tunna råmaterial.

Med spånskärande bearbetning avses metoder där man med ett verktyg skär bort material från ett arbetsstycke. Sådana metoder är exempelvis borrar, fräsning och svarvning. Samtliga av dessa metoder bygger på att ett skärverktyg avlägsnar material vid rotation av antingen verktyget eller arbetsstycket (Figur 2). Detta sker ofta med höga skärhastigheter vilket resulterar i höga temperaturer. Kylning och smörjning är därför nödvändigt för att undvika utslitning av skärverktyget. (SSAB, 2011, ss. 6:2-6:5).

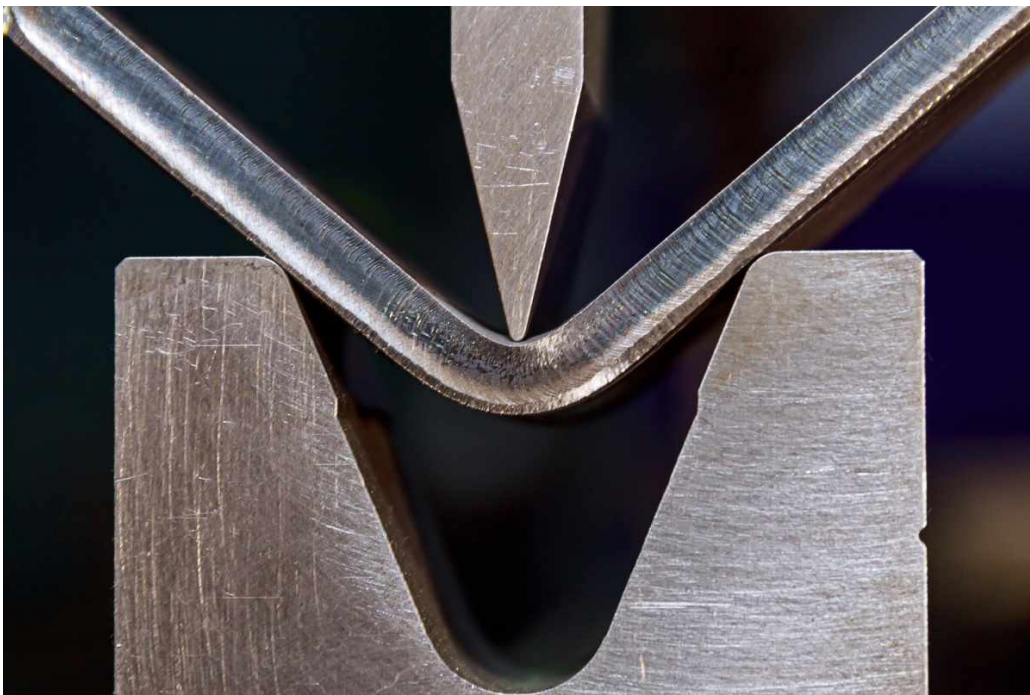


Figur 2. Fräsning av detalj. (Industry today, 2023).

2.5.2 Bockning

Bockning är en metod för plastisk formning av ett råmaterial. Med denna metod appliceras ett böjande moment på en plan yta så att den får en krökt form med önskad vinkel och radie. Den vanligaste formen av bockning görs med ett V-format verktyg i en hydraulisk eller mekanisk kantpress.

Bockning av en plåt leder till spänningar i materialet då utsidan töjs samtidigt som insidan pressas ihop. Vid små bockningsradier ökar dessa spänningar och materialet riskerar att brista. Spänningarna som uppstår kan även leda till återfjädring. För att kompensera för detta fenomen överbockar man ofta materialet så att önskad vinkel åstadkoms efter återfjädring. (SSAB, 2011, ss. 6:12-6:15).



Figur 3. *Bockning av detalj.* (Komaspec, 2022).

2.5.3 Laserskärning

Laserskärning är en typ av termisk skärning där man med en laserstråle, omgiven av en skyddsgas, värmer upp ett material till smältpunkten och på så sätt åstadkomma ett skärnitt. Laserskärning har de senaste decennierna övergått, från att vara en exklusiv metod använd enbart i laboratorier, till att vara en frekvent förekommande tillverkningsmetod i de flesta metallverkstäder. Förklaringen till denna utveckling är de otaliga fördelarna med laserskärning.

Laserskärning går att tillämpa vid bearbetning av de flesta material såsom metaller, keramer, plaster mm. Det krävs varken stora krafter eller dyra, specialformade verktyg för att skära ut såväl små som stora detaljer med hög precision och hastighet. Efterbehandling av skurna detaljer är sällan nödvändig och den sparsamma uppvärmningen av materialet leder till att så gott som inga inre spänningar bildas i materialet. Laserskärning bidrar även till hög kostnadseffektivitet då metoden går att automatisera med CNC-teknik. (SSAB, 2011, ss. 8:8-6:10).

2.6 Buntning

Som tidigare nämnts under rubrik 1.5 Företagsbeskrivning, består Mirkas verksamhet till största delen av tillverkning och försäljning av slipmaterial. Dessa slipmaterial består i huvudsak av ett grundmaterial i papper eller textil samt ett abrasivt tillsatsmedium. De genomgår många olika processer för att få önskade egenskaper och när tillverkningen är klar rullas materialet upp på breda rullar som bulkmaterial.

Före försäljning kräver slipmaterialen ännu en förädlingsprocess där de fördelas till önskade format. Mirka erbjuder sina kunder ett stort urval av former på slipmaterial, men de vanligaste är fyrkantiga ark och runda, så kallade, rondeller. Arken och rondellerna kan i sin tur ha varierande dimensioner för olika användningsändamål. Efter fördelningskedet ska de färdiga arken och rondellerna staplas till buntar, innehållande önskade antal. Denna delprocess i förädlingen kan göras manuellt, men med hjälp av en buntningsenhet är det möjligt att åstadkomma en markant ökning av produktionshastigheten samtidigt som man eliminerar de mänskliga misstagen vid räkning av antalet ark eller rondeller i en bunt. Buntningsenheten är således en viktig länk i en kostnadseffektiv förädlingsprocess.

Uppbyggnaden av en buntningseenhet varierar beroende på formatet hos slipmaterialen som den ska stapla. Stapling av ark och rondeller med varierande dimensioner ställer olika krav på utformning av komponenter i enheten. Buntningseenheten som konstruerats i detta examensarbete är uppbyggd specifikt för stapling av rondeller med diametern 225 mm.

2.6.1 Materialegenskaper

Materialen hos rondellerna som ska staplas på varandra i buntar har vissa egenskaper som medför utmaningar vid förfarandet. Den uppenbart tydligaste egenskapen som bör tas i beaktande vid konstruktionsplanering är materialens sträva yta, som orsakar hög friktion mellan materialen och andra ytor samt materialen sinsemellan. Denna egenskap sätter begränsningar på hur rondellerna kan färdas i förhållande till, i huvudsak, varandra.

En annan egenskap, som i befintliga buntningseenheter har visat sig ha stark inverkan på resultatet av buntningen, är variationer i styvhet hos de olika slipmaterialen. Olika material kan vara mer eller mindre styva, vilket i båda fallen medför olika utmaningar. Styva material påverkas mer sällan av yttre störningar såsom luftmotstånd eller veckande krafter. De kan däremot medföra oönskade kollisioner i färden på grund av deformation som orsakats av inre spänningar i materialet. Mindre styva material i sin tur påverkas lättare av luftmotstånd och gravitation. Dessa material behöver därför stödas upp i fler punkter för att undvika svajning och inbromsning.

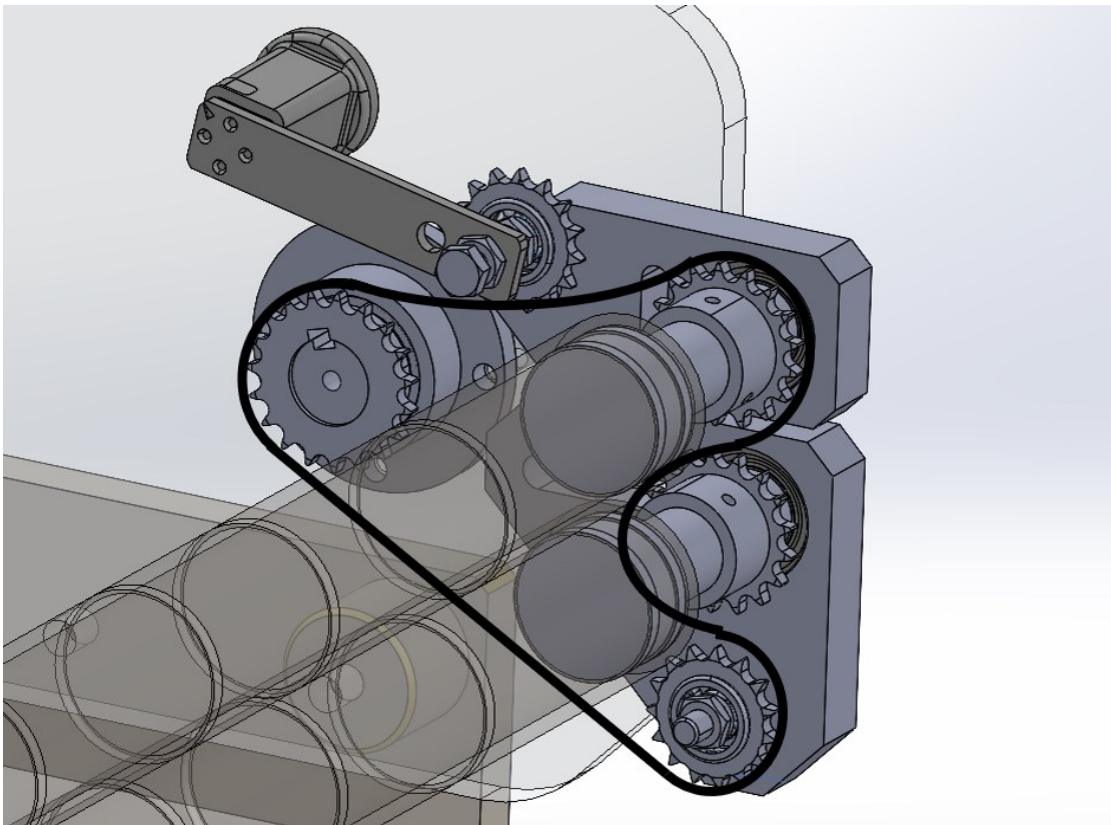
Ytterligare en egenskap som skiljer slipmaterialen åt är tjockleken som kan variera procentuellt väldigt mycket från ett material till ett annat. Denna egenskap medför krav på att man vid konstruktionsplaneringen tar i beaktande inställningsmöjligheter för att snabbt och smidigt kunna anpassa en produktionsprocess till olika material.



Figur 4. Olika typer av rondeller. (Mirka.com, 2023).

2.6.2 Kedje- och remdrift

Den interna drivningen av roterande axlar i en bunningsenhet sker oftast med hjälp av kedjedrift eller remdrift. En orsak till att man använder sig av dessa drifter i stället för exempelvis kuggdrift är kravet på justerbarhet. Vid användning av kuggdrift går det radiella avståndet mellan drivande och driven axel enbart att justera genom att förändra diametern på kugghjulen. Kedjedrift eller remdrift möjliggör justering av detta avstånd utan behovet att byta ut komponenter. Det man dock bör ta i beaktande vid sådan justering är att spänningen i kedjan eller remmen bör förbli oförändrad. För att åstadkomma denna oförändrade spänning kan man använda sig av en dynamisk spännare, som med en fjädrande kraft upprätthåller önskad spänning i systemet. Denna spännare kompenserar även för töjning och nötning av kedjor och remmar.



Figur 5. Kedjedrift med dynamisk spännare.

2.6.3 Roterande och linjär lagring

I en buntningsenhet förekommer det såväl roterande som linjära rörelser. För att optimera livslängden hos de rörliga komponenterna krävs användning av lämpliga lagerarrangemang.

2.6.3.1 Roterande lager

De vanligaste roterande lagren är antingen glidlager eller rullningslager. Glidlager sänker glidfriktionen mellan roterande ytor medan rullningslager, med hjälp av kulor eller rullar, tar upp krafter i form av rullfriktion.

Vid lagring av roterande rörelser är det många faktorer som bör tas i beaktande. Dimensioneringen av lager styrs i huvudsak av de radiella krafterna och rotationshastigheterna. Vilken lagertyp som bör användas bestäms utifrån andra påverkande faktorer såsom temperaturförhållanden, snedställdhet samt potentiella axiella eller vridande krafter. Vid placering och montering av lager är korrekta passningar avgörande för att undvika oönskade deformationer på lagret. Passningen ska anpassas efter storleken på belastningen så att större belastning ger fastare passning. Vid lagring av axlar krävs oftast ett styrande och ett frigående lager för att åstadkomma både axiell och radiell styrning. Det styrande lagret är fixerat i båda axiella riktningarna och håller därmed axeln på plats i både axiell och radiell riktning. Det frigående lagret ger i sin tur enbart stöd i radiell riktning medan axiell rörelse tillåts. Med ett sådant lagerarrangemang undviker man oönskade axiella krafter i lagren och förlänger på så vis lagrens livslängd. (SKF, 1997, ss. 26-29).

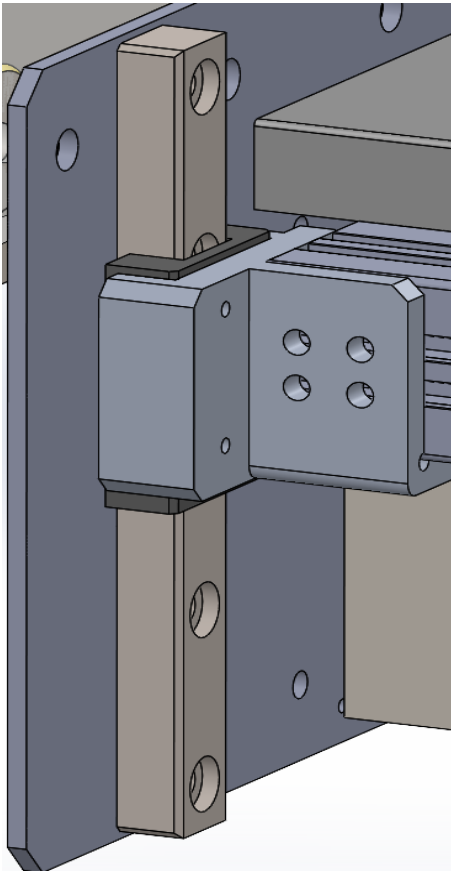


Figur 6. Rullningslager. (SKF).

2.6.3.2 Linjära lager

Linjära lager bygger vanligtvis på antingen rullfriktion eller glidfriktion. Dessa lager kan vara styrande i en eller flera riktningar men kräver alltid minst en frigående riktning.

Vid val av lagring för linjära rörelser bör det tas i beaktande faktorer som parallellitet, påverkande krafter riktning och storlek samt avstånd från påverkande krafter till lager. Valet av antal låsta riktningar i linjära lager är kritiskt. Lager med färre låsta riktningar påverkas i mindre grad av snedställdhet men kan orsaka oönskade glapp. Lager med fler låsta riktningar ger hög noggrannhet vid rörelse men ställer i sin tur höga krav på toleranser och parallellitet.



Figur 7. Linjärt glidlager för vertikal rörelse.

2.6.4 Servodrift

En servomotor är en elmotor som tillåter exakt styrning av motoraxelns läge samt rotationshastighet och vinkelacceleration. För att åstadkomma detta används noggranna sensorer och avancerad styrteknik. Ordet servo kommer från det latinska ordet *servus*, som på svenska betyder slav, och detta syftar på servomotorns förmåga att utföra exakta rörelser utifrån kommandon. Servomotorer kan vara uppbyggda antingen av en synkronmotor, en asynkronmotor, eller en likströmsmotor. Huvudsakliga skillnaden mellan dessa motorer ligger i reglerkapaciteten.

Servomotorer används ofta i automatiserade processer där de, tack vare sina inställningsmöjligheter, möjliggör noggrann optimering och effektivisering av olika arbetsmoment. (SEW Eurodrive, 2023).

3 Metod

I detta kapitel beskrivs de tillvägagångssätt och metoder som använts under konstruktionsskedet av examensarbetet. Utifrån diskussion med erfarna personer och genom noggranna analyser av befintliga maskiners för-, och nackdelar gjordes en kravlista, för att få en klar uppfattning av vilka kriterier som bör uppfyllas av den nya konstruktionen. Konceptval gjordes enskilt för samtliga delfunktioner under konstruktionsprocessens gång för att möjliggöra kombinationer av befintliga lösningar och nya idéer. Tack vare detta har man använt sig av befintliga lösningar, modifikationer av befintliga lösningar och nya lösningar för att åstadkomma ett så bra slutresultat som möjligt.

3.1 Kravlista

Utifrån de kriterier och önskemål som framkommit gällande maskinens funktion, konstruktion och tillverkning, sammanställdes en kravlista som användes som riktgivande hjälpmedel genom hela konstruktionsprocessen. Kravlistan har tagits i beaktande vid generering, eliminering och val av delkoncept för de olika delfunktionerna.

Några centrala krav som skulle uppfyllas gällde användningen och underhållet av maskinen. Maskinen skulle vara lätt att använda och ställa in, för att undvika upprepade avbrott i produktionen. Maskinen skulle även vara underhållsvänlig på sådant vis att individuella komponenter skulle gå snabbt att byta ut och slitagedelar skulle vara standarddelar som finns i företagets reservdelslager. Konstruktionen skulle även vara sådan att onödigt slitage minimeras. Ett exempel på onödigt slitage är nötning av felbelastade rotationslager. Övriga krav och önskemål som ställdes visualiseras i tabellform i tabell 1.

Tabell 1 Kravlista.

Kravlista för bunningsenhet		Krav	Önskemål
Användning	Lätt att använda	K	
	Lätt och snabb att ställa in		Ö
	Säker att använda	K	
	Ergonomisk arbetshöjd	K	
Konstruktion	Drivning kompatibel med befintliga maskiner	K	
	Yttre mått kompatibla med befintliga maskiner	K	
	Användning av standardkomponenter		Ö
Tillverkning	Vara möjlig att tillverka med konventionella metoder	K	
	Användning av förmånliga material		Ö
Underhåll	Lätt att byta ut enskilda komponenter		Ö
	Användning av lagerhållna delar		Ö
	Driftsäkra lösningar	K	

3.2 Koncept

Konceptgenereringen i detta examensarbete gjordes under processens gång enskilt för maskinens olika delfunktioner, vilket gör det svårt att presentera olika huvudkoncept då helheten är uppbyggd som en sammanställning av många delkoncept.

Modelleringen inleddes genom att skapa maskinens yttre mått för att säkerställa kompatibilitet med befintliga omkringliggande maskiner i produktionslinjen. När maskinens "ram" var gjord utvecklades i tur och ordning lösningar till maskinens olika delfunktioner. Vid utvecklingen av delkoncept togs kravlistan i beaktande och befintliga, liknande maskiner studerades. De befintliga maskinernas för-, och nackdelar användes som inspiration för att vidareutveckla fördelarna och eliminera nackdelarna. För varje delfunktion genererades ett antal konceptlösningar, som utvärderades tillsammans med företagets anställda konstruktörer. Konceptval gjordes för en delfunktion och konceptgenerering för nästa delfunktion inleddes. När alla delkoncept sedan sammanfogats till en fullständig modell gjordes analyser för att kontrollera delfunktionernas samverkande möjligheter och hinder. Justeringar och förändringar gjordes där man konstaterat att mekaniska krockar eller andra problem kunde uppstå.

4 Resultat

Målet med detta examensarbete var att utforma en 3D-modell av en ny buntningsenhet för 225 mm sandpappersrondeller. Den slutliga buntningsenheten skulle uppfylla ett flertal krav som ställts gällande funktion och konstruktion. Detta har åstadkommit och utöver kraven uppfylls ytterligare önskemål som ställts. Huruvida maskinen fungerar planenligt i verkligheten går inte att säga på grund av att den ännu inte finns i fysisk form.

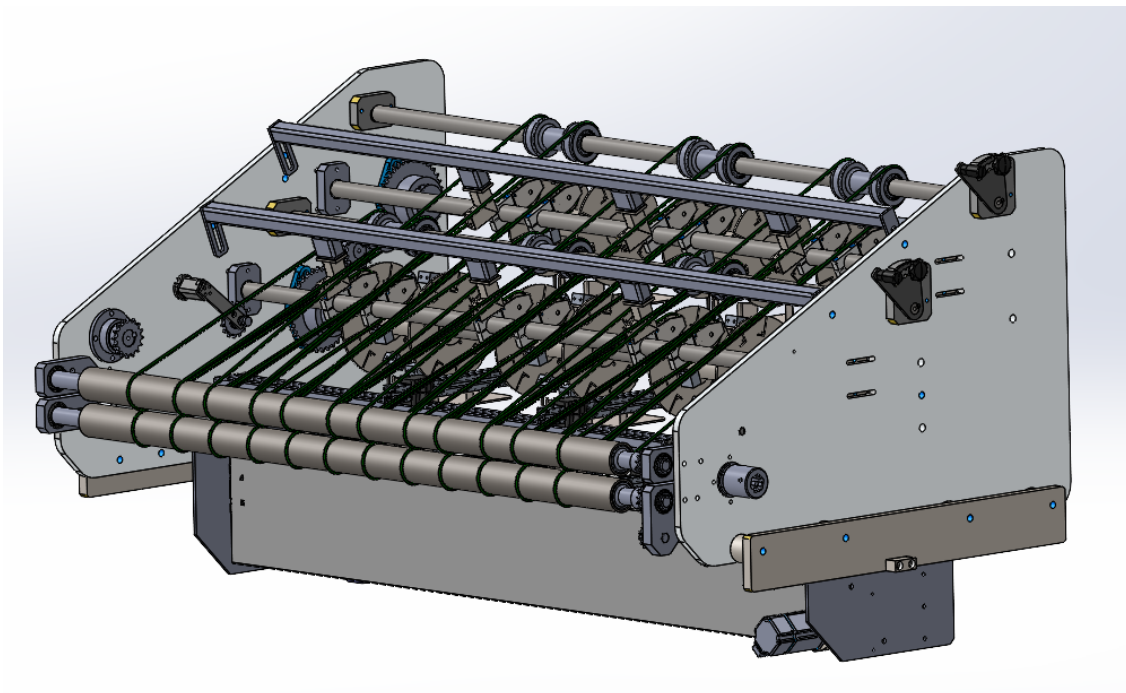
Maskinens huvudfunktion var att den ska klara av att stapla sandpappersrondeller på varandra i en så kallad bunt. Denna bunt ska kunna variera i höjd beroende på rondellernas tjocklek och antal rondeller per bunt. Exakt hur maskinen i praktiken utför detta går jag inte närmare in på i examensarbetet, då det önskas från Mirka att funktionsprincipen förblir en affärshemlighet.

Det lades ned relativt mycket tid på 3D-modellen, eftersom det gjordes delkoncept till i princip varje delfunktion. Dessa koncept ändrades ytterligare flertalet gånger efter analys där man noterat detaljer som skulle komma att bli hinder i antingen tillverkningskedet eller användningskedet.

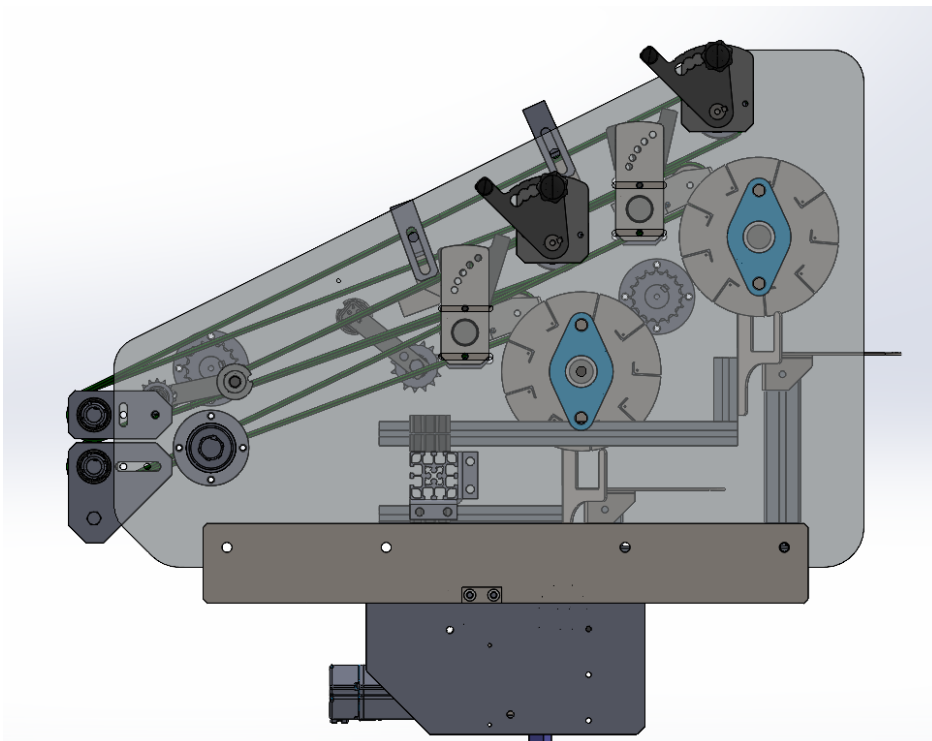
Standardkomponenter såsom kullager, kugghjul och axelkopplingar användes för att underlätta maskinens underhåll i form av komponentbyten till följd av slitage. De komponenter som inte är standardiserade är konstruerade för att möjliggöra tillverkning med sedvanliga metoder såsom laserskärning, bockning och skärande bearbetning, vilket bidrar till sänkta tillverknings-, och underhållskostnader. Laserskärning ger även noggranna toleranser och så gott som inga krav på efterbehandling av skurna detaljer.

Kraven på justerbarhet uppfylldes på olika sätt i olika delfunktioner. Detaljer som kräver justering enbart i inkörningskedet gjordes med enkla ställmöjligheter såsom avlånga spår för infästning. Detaljer som däremot kräver regelbunden justering under användning gjordes med snabba ställmöjligheter i form av exempelvis excentriskt svarvade axlar. Med dessa möjliggör man förflyttning av axelns centrumlinje genom att vrida axeln. Jag valde att använda denna princip på grund av att den använts tidigare i befintliga maskiner där den visat sig vara tidseffektiv och noggrann, samtidigt som den eliminerar behovet av verktyg för justering.

Här presenteras den slutgiltiga 3D-modellen och en genomskärning ur ett sidoperspektiv.



Figur 8. *Buntningsenhet.*

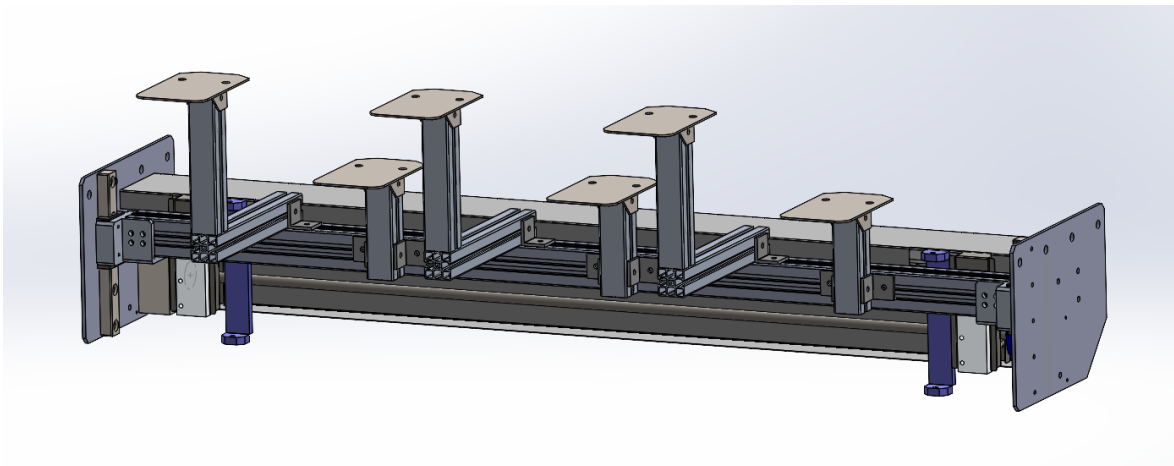


Figur 9. *Buntningsenhet ur sidoperspektiv.*

4.1 Bunthiss

En delfunktion hos buntningseenheten är bunthissen. Den har som uppgift att ta emot sandpappersrondellerna och stegvis röra sig neråt, samtidigt som en bunt byggs upp ovanpå. För drivningen av denna funktion diskuterades olika koncept med inspiration från tidigare buntningseenheter. Man har där använt sig av allt från fjäderelement till pneumatiska cylindrar för att åstadkomma rörelsen. Problem med dessa metoder har varit att de är svåra att ställa in exakt, vad gäller hastighet och bärkraft. Detta har bidragit till längre avbrott i produktionen vid exempelvis byte av material eller förändring i buntarnas höjd och vikt. För att undvika dessa problem valde man att i den nya bunthissen köra den vertikala rörelsen med en servomotor. Denna tillåter noggranna justeringar i hastighet och bidrar till snabba och lätta omställningar.

Servomotorn i bunthissen driver en axel genom en vinkelväxel. På denna axel, som går längs hela bredden på bunthissen, finns ett kugghjul i varje ände som i sin tur driver en kuggstång. Kuggstången är fäst i bunthissens rörliga konstruktion, som är lagrad med glidskenor i sidorna för att tillåta enbart vertikal rörelse.



Figur 10. Bunthiss.

5 Diskussion

Det har varit en utmanande men intressant uppgift att konstruera en ny buntningsenhet för 225 mm rondeller och under processen har jag lärt mig mycket om vad det innebär att arbeta som konstruktör. När jag först fick uppdraget förstod jag inte riktigt hur omfattande det skulle bli och hur många aspekter som bör tas i beaktande i varje delmoment av konstruerandet. Riktlinjer lades upp för vilka krav resultatet skulle uppfylla och sedan fick jag självständigt konstruera och fundera ut lösningar till de olika delfunktionerna. Det har varit en mycket lärorik process där den praktiska delen vägt tungt i jämförelse med den teoretiska delen. Mina kunskaper i teknisk ritning har under projektets gång utvecklats markant och jag har fått väldigt mycket ny kunskap inom allt från materialval till implementering av standardkomponenter i nya konstruktioner.

Jag är nöjd med resultatet och anser, efter många timmars visuell analys, att maskinen har potential att även fungera i verkligheten. Det går dock inte att vara helt säker på funktionaliteten, med tanke på att denna dimension av rondeller inte vanligtvis staplas i buntar med hjälp av denna princip. Det kan finnas scenarion man inte tänkt på som kräver ändringar i konstruktionen. Exakta analyser av delfunktioner är svåra att genomföra före maskinen är tillverkad då det inte finns några möjligheter att simulera rondellers rörelse i en sådan buntningsenhet. När buntningsenheten blir tillverkad blir det intressant att, gällande funktionen, se hur nära verkligheten det går att komma med fantasin.

5.1 Slutord

Jag vill tacka Mirka för att jag fått möjligheten att göra detta intressanta examensarbete. Jag vill även tacka min handledare från företaget, Jonas Holmlund, för den handledning och expertis jag erhållit i samtliga delsteg av arbetet. Sist och slutligen vill jag tacka övriga personer som varit delaktiga som rådgivare och bollplank för idéer.

6 Litteraturförteckning

Industry today. (15.3.2023). Hämtat från Industry today: <https://industrytoday.com/cnc-milling-machines/>

Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling- effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.

Komaspec. (27.1.2022). Hämtat från Komaspec: <https://www.komaspec.com/about-us/blog/guide-to-sheet-metal-bending/>

Mirka.com. (4.1.2023). *About us*. Hämtat från <https://www.mirka.com/sv/fi/top/About-us/>

SEW Eurodrive. (2023). Hämtat från https://www.sew-eurodrive.se/produkter/motorer/servomotorer/servomotoren_3.html

SKF. (1997). *SKF handbok för skötsel och underhåll av rullningslager*. Danmark: SKF-koncernen.

Solidworks. (11.1.2023). Hämtat från Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>

SSAB. (2011). *Plåthandboken- att konstruera och tillverka i höghållfast stål* (2:a uppl.). Nyköping: SSAB.