



CHALMERS



Verktyg för frigöring av förspända slangklämmor

Hose clamp releasing tool

Examensarbete inom mekatronikingenjörsprogrammet

Miguel A A Neto
Esad Osmanovic

Mekatronikingenjör
Mekatronikingenjör

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2017

EXAMENSARBETE 2017

Framtagning av ett alternativt verktyg för frisläppning av förspända slangklämmor

Rapporten innehåller förundersökningar av möjligheten att registrera krafter som en analog signal. För att minska antalet rörliga delar men samtidigt behålla verktygets funktionalitet gjordes en omdesign av dagens lösning.

Miguel A A Neto
Esad Osmanovic

Framtagning av ett alternativ verktyg för frisläppning av förspända slangklämmor

Rapporten innehåller förundersökningar av möjligheten att registrera krafter som en analog signal. För att minska antalet rörliga delar men samtidigt behålla verktygets funktionalitet gjordes en omdesign av dagens lösning.

Miguel A A Neto
Esad Osmanovic

© Miguel A A Neto, Esad Osmanovic, 2017

Examinator: Mats Alemyr

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 Göteborg
Telefon: +46 31 772 1000

The Author grants to Chalmers University of Technology and University of Gothenburg the non-exclusive right to publish the Work electronically and in a non-commercial purpose make it accessible on the Internet.

The Author warrants that he/she is the author to the Work, and warrants that the Work does not contain text, pictures or other material that violates copyright law.

The Author shall, when transferring the rights of the Work to a third party (for example a publisher or a company), acknowledge the third party about this agreement. If the Author has signed a copyright agreement with a third party regarding the Work, the Author warrants hereby that he/she has obtained any necessary permission from this third party to let Chalmers University of Technology and University of Gothenburg store the Work electronically and make it accessible on the Internet.

Omslag:
Bilden på den framtagna lösningen.

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
Göteborg 2017

Förord

Examensarbetet utfördes på Chalmers Tekniska högskola, institution för industri- och Materialvetenskap.

Detta arbete gjordes för företaget Binar Elektronik AB och omfattar 15 högskolepoäng.

Vi vill först tack alla på Binar Elektronik AB för den givna möjligheten att genomföra vårt arbete hos dem. Speciellt tack till Therese Ruth och Leif Gustavsson som ställt upp som våra handledare. Ett speciellt tack till Mats Alemyr, vår examinator, för hans stöd och handledning under arbetsgången.

Tack till Kristian Wejrums och Sten Bågenfelt för att vi fick låna deras fräsmaskin på Bågenfelt AB.

Tack till Krister Johansson som glatt ställt upp för att hjälpa oss med töjningsgivare.

Tack till Göran Hult och Kjell Melkersson för deras goda råd och sist men inte minst tack till Sakib Sisek för alla råd och stöd under hela projektets gång.

Göteborg, 2017-05-04

Miguel A A Neto
Esad Osmanovic

Sammanfattning

SBCT (SpringBandClampTool) används idag längs montagelinan för bilar, den lösgör en speciell typ av slangklämmor, fjädrande slangklämmor. Företaget Binar Elektronik AB har en lösning idag som består av en centralenhet som kommunicerar med överordnat fabrikkssystem, och ett handverktyg som kommunicerar trådlöst med centralenheten. Dagens lösning bygger på fjäderkraft, en mikrobrytare och relativt många rörliga mekaniska delar. Lösningen fungerar bra men är relativt dyr att tillverka.

Rapporten visar hur ett produktutvecklings koncept leds från idé fram till en färdig testmodell. Rapporten kommer att ge svar på följande frågeställningar:

- Går det att minska antalet rörliga mekaniska delar och samtidigt behålla verktygets funktionalitet?
- Går det att använda sig av en analog lösning för att mäta den kraft som krävs för att frigöra olika storlekar av slangklämmor? Vilken typ av sensor som är lämpligast att använda för detta ändamål?

Först analyseras dagens lösning för att ge en uppfattning om verktygets förbättrings potential. En marknadsundersökning görs för att scanna marknaden för liknande produkter. En användarundersökning gjordes i syfte att skapa en bild över hur verktyget används idag och för att hitta förbättrings område med den befintliga lösningen. Analysen resulterar i en kravspecifikation där de viktigaste kriterierna blir: prestanda, framställning, användning och kostnad.

En förstudie av sensorer utförs i syfte att hitta den lämpligaste sensortypen för det nya verktyget. Sensorerna som behandlas i rapporten är följande: töjningsgivare, FSR sensor, piezogivare och lastceller. Med hjälp av Pughs matris kunde sensor väljas, den valda sensor blir töjningsgivare.

Utifrån kravspecifikation och med vald sensor typ som riktlinje genereras fem olika lösningförslag. Samtliga lösningförslag förklaras i bild och för- och nackdelar diskuteras.

Den valda modellen tillverkas med hjälp av 3D-skrivare och en sensorbalk fräses fram från en aluminium plåt. Montering av sensor på sensorbalken görs hos ett externt företag, därefter monteras hela verktyget ihop för att sedan testas och verifieras.

I rapporten kommer resultatet av materialval, FEM-analys samt testerna som utförts på test modellen att presenteras. Utifrån dessa resultat kommer rekommendation till uppdragsgivare att diskuteras och föreslås.

Abstract

The SBCC (Spring Band Clamp Tool) is used today along the assembly line for cars, releasing a special type of hose clamps, “spring band clamp”. The Company Binar Elektronik AB has a solution today consisting of a central unit that communicates with the overriding system, and a handtool that communicates wirelessly with the central unit. Today's solution is based on spring force, a micro switch and relatively many mechanical parts. The existing solution works fine but is relatively expensive to manufacture.

This report shows how a product development concept, leads from an idea to a complete test model. The report will answer the following questions:

- Can you reduce the number of mechanical parts while keeping the functionality of the tool?
- Is it possible to use an analog signal to measure the force required to release different sizes of hose clamps? What kind of sensor is most suitable for this purpose?

First, the existing tool solution is analyzed to give an idea of the tool's improvement potential. A market research was conducted to see if there were any similar solutions. A user survey was conducted to create a better picture of how the existing tool is used and to find potential improvement for it. The analysis of the existing tool resulted in a requirement specification, where the most important criteria are: performance, production, use and cost.

A preliminary study of sensors was performed to find the most suitable sensor type for the new tool. The sensors that was found suitable for the new tool were: strain gauges, FSR sensor, piezoelectric sensor and load cells. A Pugh's matrix was set to determine which sensor was the most suitable. The sensor that proves to be the most suitable was the strain gauge.

Five different alternative solutions were generated, that was based on requirement specification along with the selected sensor type. All solutions are explained in the report and the pros and cons discussed.

The chosen model is manufactured using a 3D printer and a sensor beam is milled from an aluminum sheet. The sensors were applied to the sensor beam with help from an external company at site. After that the entire tool was assembled and then tested and verified.

In the report, the results of the test model, material selection and FEM analysis will be presented. Based on these results, recommendation to the client will be discussed and proposed.

Ordlista

Analog givare

Analoga givare, engelska transducer, anordning som känner av en fysikalisk storhet, t.ex. temperatur, och som vanligen lämnar en elektrisk signal som ett mått på storheten. [Ur Nationalencyklopedin]

Bricka

Bricka, ringformad metallplatta avsedd att läggas under en saxsprint, mutter-, skruv- eller bultskalle för att åstadkomma en god anliggningsyta. [Ur Nationalencyklopedin]

CAD

Datorstödd konstruktion, även CAD (computer aided design), användning av dator i konstruktions- och ritarbete. [Ur Nationalencyklopedin]

CES Edupack

CES Edupack är ett digitalt verktyg där information om olika material finns.

Fräsning

Fräsning verkstadsteknisk metod för skärande avverkning av arbetsmaterial, t.ex. metall eller trä. [Ur Nationalencyklopedin]

IDE

IDE Integrated Development Environment – mjukvarusvit för programmerare, se integrerad utvecklingsmiljö [Ur Nationalencyklopedin]

Locktite

Locktite industriell lim.

USB

USB universal serial bus, enhet hos en dator för att ansluta externa enheter. [Ur Nationalencyklopedin]

Svarvning

Svarvning metod för skärande bearbetning, där ett spånavskiljande verktyg formar ett roterande arbetsstycke i en svarv. [Ur Nationalencyklopedin]

Trimpotentiometer

Trimpotentiometer är en resistor med inställningsbar resistans. [Ur Wikipedia]

Hårdkrom

Hårdkrom, även känt som industrikrom, används för att minska friktion, öka nötningsbeständighet eller för att öka skydd mot korrosion. [Ur Wikipedia]

Sandpapper

Det är en speciell typ av med slipkorn belagt papper som används vid slipning. [Ur Wikipedia]

Hysteres

Förhållandet att en fysikalisk process inte återvänder i samma spår då man kastar om dess riktning. [Ur Nationalencyklopedin]

FEM

finita elementmetoden, FEM, datorbaserad generell metod för approximativ numerisk lösning av partiella differentialekvationer och integralekvationer i teknik och fysik. [Ur Wikipedia]

Innehåll

1	Inledning.....	2
1.1	Bakgrund	2
1.2	Syfte och mål.....	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Problemformulering.....	2
2	Teoretisk referensram.....	4
2.1	Fjädrande slangklämma.....	4
2.1.1	Förspända slangklämmor	5
2.2	Sensorer	5
2.2.1	Töjningsgivare.....	5
2.2.2	Lastcell	6
2.2.3	FSR sensor.....	7
2.2.4	Piezogivare	7
2.3	Beskrivning av elektronikkomponenter.....	9
2.3.1	Wheatstones brygga	9
2.3.2	Förstärkare, HX711	10
2.3.3	Arduino Uno.....	11
3	Metod	12
3.1	Förstudier.....	12
3.2	Val av sensor	12
3.3	Beräkningar och materialval.....	12
3.4	Testmodell tillverkning.....	13
3.5	Test och verifiering.....	13
4	Förundersökning.....	15
4.1	Analys av dagens lösning	15
4.2	Analys av intervjudata	17
4.3	Dagens marknadslösningar.....	17
4.3.1	Handtång för fjädrande slangklämmor.....	17
4.3.2	Pneumatiskt monteringsverktyg	17
4.3.3	Vajerdriven variant.....	19
4.3.4	Frisläppande verktyg	19
4.4	Töjningsgivare - studiebesök.....	20
5	Kravspecifikation	21
6	Val av sensor	22
7	Idéutveckling.....	23
7.1	Förslag på lösning 1.....	23
7.2	Förslag på lösning 2.....	24
7.3	Förslag på lösning 3.....	24
7.4	Förslag på lösning 4.....	25
7.5	Förslag på lösning 5.....	26
8	Konceptutveckling	28
8.1	Konceptets olika delar	28
8.1.1	Sensorhus	28
8.1.2	Verktygshållare	29
8.1.3	Fjäderhållare.....	30
8.1.4	Sensorbalk	31
8.1.5	Stålkulor	32
8.1.6	Fjädrande tryckskruv.....	32

9	Testtrigg programmet	34
9.1	Kalibreringsprogram.....	34
9.2	Avläsningen av last.....	34
10	Resultat och rekommendationer	35
10.1	Sensorhus och verktygshållare.....	35
10.2	Sensorbalken materialval	35
10.3	Resultat av modell test	38
10.4	Kravuppföljningen	40
11	Slutsats och diskussion.....	41
	Källförteckning.....	42
	Bildförteckning.....	43

Bilagor

Bilaga 1.	Gantt.schema.....	1
Bilaga 2.	Bild över verktyget	2
Bilaga 3.	Pughsmatris val av sensor.....	3
Bilaga 4.	Kesselringmatris.....	4
Bilaga 5.	Sensorhus alternativ 2	5
Bilaga 6.	Intervju med utrustningsingenjör på Volvo Cars.....	6
Bilaga 7.	Datablad fjäderstål	8
Bilaga 8.	CES edupack - Material kriterier	9
Bilaga 9.	Brottgräns-utmatningsgraf	10
Bilaga 10.	Fjäderhållare	11
Bilaga 11.	Sensorbalken	12
Bilaga 12.	Sensorhus alternativ 1	13
Bilaga 13.	Verktygshållare alternativ 1	14
Bilaga 14.	Verktygshållare alternativ 2.....	15
Bilaga 15.	Beräkningar Sensorbalken vid vinkelrätkraft	16
Bilaga 16.	Beräkningar Sensorbalken momentjämvikt.....	17
Bilaga 17.	Programkod för testtrigg	18
Bilaga 18.	Testtrigg elschema	20

1 Inledning

Detta examensarbete har utförts våren 2017 vid Chalmers Tekniska Högskola (Lindholmen).

1.1 Bakgrund

SBCT (SpringBandClampTool) används idag längs montagelinan för bilar, den lösgör en speciell typ av slangklämma, fjädrande slangklämmor. Företaget Binar Elektronik AB har en lösning idag som består av en centralenhet som kommunicerar med överordnat fabrikkssystem och ett handverktyg som kommunicerar trådlöst med centralenheten. När verktyget ska användas sänder det överordnade systemet en signal till centralenheten som med ljussignal visar att verktyget ska användas. Operatören utför momentet och en signal sänds från handverktyget till centralenheten som kvitterar mot det överordnade systemet. Om operationen inte utförs så kan bilen inte lämna montageplatsen, detta för att säkra kvaliteten.

Dagens lösning bygger på relativt många rörliga delar, fjäderkraft och en mikrobrytare. Lösningen fungerar bra men är relativt dyr att tillverka samt att den slits mekaniskt.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att förbättra en befintlig konstruktion på ett verktyg som frigör en speciell typ av fjädrande slangklämmor. Lösningen som konstrueras skall vara robust och ha en analog signal för att registrera kraften som krävs för att frigöra den fjädrande slangklämman samt att minska antalet rörliga delar.

1.3 Avgränsningar

Examensarbetet kommer att begränsas till att om designa dagens befintliga mekaniska mätanordnings del av systemet, till en analog lösning. En virtuell testmodell kommer att tas fram. Därefter kommer den att testas och verifieras i CAD miljö. En testmodell kommer att tillverkas.

Kommunikationen mellan verktyget och centralenheten kommer inte att behandlas i projektet då fokus kommer att ligga på att ersätta den mekaniska mätanordningen med en analog lösning.

1.4 Problemformulering

Det verktyget som finns idag används för att frigöra en speciell typ av fjädrande slangklämmor (mer om det i avsnittet 2.1.1). Dagens lösning fungerar bra men är dyrt eftersom den består av relativt många delar.

- Går det att minska antalet rörliga delar och samtidigt behålla verktygets funktionalitet?

I dagens lösning används fjäderkraft och en strömbrytare för att mäta den kraft som krävs för att frigöra slangklämman. Detta betyder att kraften inte är varierbar och känsligheten måste ställas in mekaniskt. Det vill säga att det krävs alltid samma kraft för att frigöra, trots att det är olika storlekar på slangklämmorna.

- Går det att använda sig av en analog lösning för att mäta den kraft som krävs för att frigöra olika storlekar av slangklämmor? Vilken typ av sensor som är lämpligast att använda för detta ändamål?

2 Teoretisk referensram

Här presenteras de mekaniska och elektroniska delarna som ingick i arbetet.

2.1 Fjädrande slangklämma

En slangklämma är en mekanisk anordning som används för att ge en säker anslutning och hålla tätslutande.

En fjädrande slangklämma använder sig av den energin som lagras då den går från det öppnade tillståndet till det öppnade tillståndet. Den energi som lagras används för att spänna fast slangens och behålla slangens önskade positionsanslutning. En sådan slangklämma visas i figuren nedan.



Figur 1. Bild över en fjädrande slangklämma.

Denna typ av slangklämma används oftast i fordonsvakuumslangar och högtryckslangar. Det finns många olika typer av verktyg för av- och påmontering av denna typ av slang. Men den vanligaste är en handtång.

2.1.1 Förspända slangklämmor

Vissa slangklämmor kommer från leverantören i öppnade tillstånd. Det öppnade tillståndet kan åstadkommas på olika sätt exempelvis med en punktsvets eller en fixtur, se figur 2.



Figur 2. Bilden visar en föröppnad slangklämma med en fixtur.

2.2 Sensorer

Här introduceras de sensorerna som ansågs vara lämpliga för det nya verktyget.

2.2.1 Töjningsgivare

En resistiv töjningsgivare är en elektrisk komponent som används för att mäta eller upptäcka väldigt små längdändringar[1]. Töjningsgivarens resistans ändras då den påverkas av en kraft som kan vara drag, tryck eller acceleration. Genom att registrera och analysera resistansändringen kan man få en uppfattning om kraftens storlek och riktning.

Resistansen, R , hos ett material beskrivs med följande ekvation:

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2.1)$$

Där:

ρ : är resistivitet (materialegenskap) i ohm·meter

L : är längden i meter

A : Tvärsnittarea kvadratmeter

När ett ämne utsätts exempelvis för dragkraft, som i figuren nedan, uppträder då en längd- och tvärsnittsarea ändring. Resistansen kommer att öka eftersom den är direkt proportionell mot längden och invers proportionell mot tvärsnittsarean enligt ekvationen 2.1.



Figur 3. Rundstång längdförändringen som följd av applicerade dragkraft.

Generellt är töjningsgivare tillverkade av höghållfast material. Det vill säga materialet har ett relativt stor elastiskt område. Detta för att uppnå en stor töjning utan att materialets egenskaper förändras. Det finns flera olika faktorer som kan påverka ett materials resistans som till exempel temperatur, töjningskänslighet, elastiskt område och även limmet som används för att fästa töjningsgivaren. En töjningsgivare kan vara tillverkad av till exempel: konstantan, manganin och nikrom[1].

Några fördelar med töjningsgivare:

- Enkelt att få en utsignal.
- Liten och väldigt låg vikt. Töjningsgivare kan tillverkas i många olika former som passar många olika applikationsområden.
- Relativt linjär resistansändring (inom materialets elastiska område)
- Den åldras inte lika fort som andra typer av givare.
- De uniaxiella töjningsgivarna är relativt billiga.

Nackdelar:

- Temperatur känsliga. Egenskaperna förändras beroende på temperatur.
- Utsignal är relativt låg mellan 2 – 3mV. Kräver en signal förstärkare.
- Kräver noggrannhet och renhet vid installation.
- Korrosion och fukt känsliga.

2.2.2 Lastcell

Lastcell är en anordning för att mäta krafter. Den är normalt konstruerad med hjälp av töjningsgivare som i sin tur är kopplade i en speciell brygga, wheatstonebrygga[8].

Fördelar:

- Färdigbyggda.
- Låg brusnivå.
- Kompakt byggda.

Nackdelar:

- Dyra
- Används speciellt vid storkraftmätning.

2.2.3 FSR sensor

FSR står för "Force-Sensitive Resistor"(Kraft-känslig resistor på svenska)[2]. Den består i huvudsak av ett lager av isolerande plast, en aktiv area som består av ett mönster av ledare, en plastdistans, en luftventil samt ett flexibelt lager av ledande material. Principen för en kraft-känslig resistor är att resistansen varierar beroende på applicerat tryck.

När en extern kraft appliceras på sensorn kommer luften att förflyttas genom luftventilen. Detta resulterar i att det ledande materialet kommer att vara i kontakt med det ledande mönstret. Ju större area som är i kontakt mellan ledare och det ledande materialet, desto mindre blir resistansen.

Fördelar med FSR sensorn

- Den är billig.
- Utsignal kräver inte extra krets
- Enkel att montera
- Den är inte polariserad.

Nackdelen med FSR sensorn

- Icke-linjär. Olika resistans värden för samma applicerade kraft vilket leder till låg upplösning.
- Känslig för spetsiga föremål då den isolerande plasten enkelt kan perforeras
- Signalen kan driva, om en kraft appliceras för länge
- Fukt- och temperaturkänslig.

2.2.4 Piezogivare

Piezogivare består av material som förändrar sina elektriska egenskaper när dem utsetts för kompressions kraft eller töjning [5]. Piezomaterialet kan vara av två typer: Piezoresistiva, ändrar sin elektriska resistans när dem utsetts för kraft/deformation och piezoelektriska, reagerar på töjningen/kompression genom att alstra laddningar.

2.2.4.1 Piezoresistiva givare

Piezoresistiva givare består av ett elektriskledande material som när det töjs eller komprimeras ändra sin resistans. Resistans ändringen är proportionell till den kraft den utsätts för. [10] Till skillnad från trådtöjningsgivaren, där resistans ändring beror på ändringar i fysiska dimensioner är ändringen i resistivitet i materialet hos halvledare som ger upphov till resistans förändring i materialets resistivitet. [8]

Resistiviteten för ett halvledande material, ρ , bestäms med hjälp av ekvation (2.2):

$$\rho = \frac{1}{e \times N \times u} \quad (2.2)$$

e är elektronladdningen i Coulomb.

N är mängden laddningsbärare

u är mobiliteten hos bärarna.

Piezoresistiva givare är tillverkade i monokristallint halvledarmaterialet som kisel. Materialet dopas i olika lösningar, bor för P-typ material och arsenik som dopämnet för N-typ material. Resistiviteten hos givarna kan därför justeras på två sätt dels genom att variera koncentration av dopämnet dels genom att laddningsbärarnas mobilitet, u, påverkas av mekanisk deformation.

Fördelar med Piezoresistiva givare

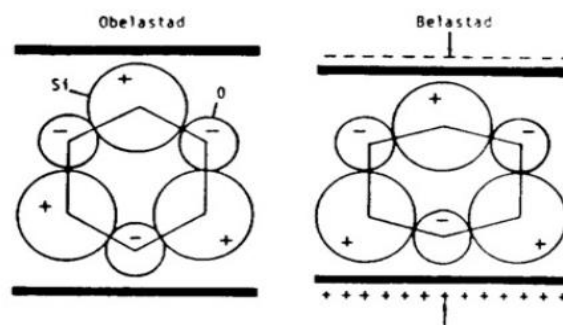
- Hög givarkonstant, töjnings känsliga
- Kan göras väldigt små
- Drar väldigt lite ström
- Hög noggrannhet – noggrannhet ligger i intervallet 0,5% - 2,5%

Nackdelar

- Den behöver Wheatstonebrygga och differens förstärkare

2.2.4.2 Piezoelektriska givare

Piezoelektriska givare utnyttjar vissa materialets egenskaper att alstra elektrisk laddning vid tryck, den piezoelektriska effekten. Dessa egenskaper återfinns hos vissa material med kristallin molekylstruktur, så som kvarts, turmalin, bariumnitrat och Rochelle salt. När kristaller av dessa ämnen utsetts för kraft uppstår elektriska laddningar på ytan. Beroende hur materialets kristallstruktur är orienterad till den påverkande kraften uppkommer piezoelektrisk effekt av två typer[8]. Den transversell piezoelektrisk effekt, laddningarna uppkommer på ytor som är vinkelräta mot kraften, medan den longitudinella effekten uppkommer då kraften anbringas horisontalt mot kiselplattorna. Bilden visar förenklad kristallmodell för kisel, där den longitudinella piezoelektriska effekten utnyttjas. Laddningarna fångas i två stycken metall skivor som omsluter kristallen på varsin sidan om kristallen[8].



Figur 4. Principbild över piezokristall.

Laddningen bestäms av följande ekvation:

$$Q = K \times Q \quad (2.2.4)$$

Q är laddningen i C (Coulomb)

K är givarkonstanten i C/N
 F är kraften i N (Newton)

Fördelar med Kvarts är mest använda materialet i kraftgivare, på grund av sina goda mekaniska egenskaper, tål höga temperaturer och har mycket hög resistivitet.

Fördelar med piezoelektrisk givare

- God linjaritet
- Utsignalen beror på kraftens riktning
- Givarkonstant är oberoende av temperaturen
- Hög elektrisk resistivitet – gäller kvarts
- Hög känslighet
- Förekommer i olika utförande

Nackdelar

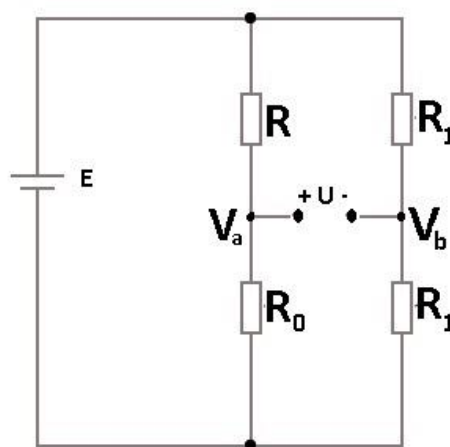
- Prisen stiger kraftigt med givarens prestanda.

2.3 Beskrivning av elektronikkomponenter

Kort beskrivning av de komponenter som används på testriggen.

2.3.1 Wheatstones brygga

Wheatstones brygga är en elektronisk krets som består av fyra motstånd, arrangerade enligt figuren nedan. Den utvecklades av Samuel H Christie år 1833 men det var Charles Wheatstone, därav namnet, som förbättrade och gjorde den mer populär några år senare [2]. Den kan användas för att mäta okända resistanser och på så sätt kunna exempelvis kalibrera mätinstrument, så som voltmätare och ammeters. Wheatstones brygga används i samband med olika typer av sensorer som till exempel ljussensor, termistor, trycksensor, töjningsgivare och andra analoga givare.



Figur 5. Wheatstones brygga. Där R betecknar ett motstånd med en okänd resistans, R_0 betecknar ett motstånd med känt värde och R_1 :orna är två likadana motstånd. U är spänningsdifferansen mellan V_a och V_b .

Betrakta krets i figur 5. Resistansen hos motståndet R kan bestämmas med hög precision om spänningen U och resistansen hos motståndet R_0 är känd.

Här gäller att:

$$U = V_a - V_b \quad (2.3.1a)$$

V_a och V_b ges av spänningsdelning enligt:

$$V_a = \frac{R_0}{R + R_0} \times E \quad (2.3.1b)$$

$$V_b = \frac{R_1}{R_1 + R_1} \times E \quad (2.3.1c)$$

Insättningen av V_a och V_b i U ger det exakta värdet på motståndet R . Från ekvation ”U” ser vi att om $R_0/R = R_1/R_1 = 1$ är spänningen U lika med noll och detta innebär att bryggan har uppnått balans.

2.3.2 Förstärkare, HX711

Baserat på Avia Semiconductor patenterade teknik, är HX711 en precision 24-bitars analog-digitalomvandlare (ADC), speciellt gjort för att förstärka signalen från lastceller och andra wheatstonebryggor. Genom att ansluta förstärkaren till mikrokontroller kan man mycket exakt avläsa vikt. HX711 kommunicerar via ett enkelt 2-trådsgränssnitt med klocka och data.

- Matningsspänning: 2.7 - 5.5V
- Strömförbrukning: < 1.5mA
- Två valbara differentialingångskanaler
- Enkel digital styrning och seriellt gränssnitt:
- Stiftdriven kontroller, ingen programmering behövs
- Drifttemperatur: -40 ~ + 85 °C
- 16 pin SOP-16 paket

2.3.3 Arduino Uno

Arduino Uno, se figur 6, är en utvecklingskort som använder sig av en 8-bitars enchipdator från Atmel, Atmega328P[3]. Den har bland annat fjorton digitala in-/utgångar (av dessa kan sex användas för att producera pulsbreddmodulerad signal), sex analoga ingångar och en 16MHz kvartsoscillator. Den kommer med en förinstallerad bootloader för att underlätta programuppladdningen. Programmet laddas upp till Arduino utvecklingskortet via USB. Den kan strömförsörjas via USB eller en extern spänningskälla.



Figur 6. Bild över Arduino Uno utvecklingskort som används i projektet. [Egen bild]

Utvecklingskortet programmeras i Arduinos egen utvecklingsmiljö (Arduino IDE) men den kan även programmeras i tredjepartsprogram så som Matlab eller Atmel studio. Programmeringsspråket som används är C/C++ Arduino är populärt bland hobbister, designers och artister för användarvänlighet och för sitt låga pris jämfört med andra utvecklingskortet.

3 Metod

Här kommer att presenteras hur arbetet har planerats för att uppnå det slutliga resultat.

3.1 Förstudier

För att klargöra problemställningen genomfördes analys av dagens lösning med hjälp av verktygets dokumentation och ett studiebesök på platsen där verktyget används. Under studiebesöket gjordes en intervju med utrustningsingenjör på Volvo Cars. Besöket innebar också observation av verktygets användning vid monteringslinan. Vid observationen tillfrågades användarna om hur de upplever verktyget samt vilka förbättringar dem skulle vilja införa.

En marknadsundersökning gjordes för att se vad det finns för olika lösningar när det gäller verktyg för installation av fjädrande slangklämmor av denna typ, som syns på figur 1. Information inhämtades från sökning i verktygskataloger och på hemsidor från företag som arbetar med verktyg, för av- och påmontering av slangklämmor. En annan informations källa var att söka genom olika patent för lösningar gällande av- och påmontering av slangklämmor, för att ge en bild av vad som finns på marknaden.

En användarundersökning ansågs vara nödvändig för att skapa en distinkt bild över hur verktyg används och vad som ansågs vara de svaga punkterna med den befintliga lösningen. Ett studiebesök på Volvo Cars gjordes, där intervjuades en utrustningsingenjör. Studiebesöket hade som syfte att samla information och erfarenheter från den befintliga verktygslösningen. Utrustningsingenjören förklarade teoretiskt hur verktyget används och en operatör visade hur verktyget används i praktiken.

3.2 Val av sensor

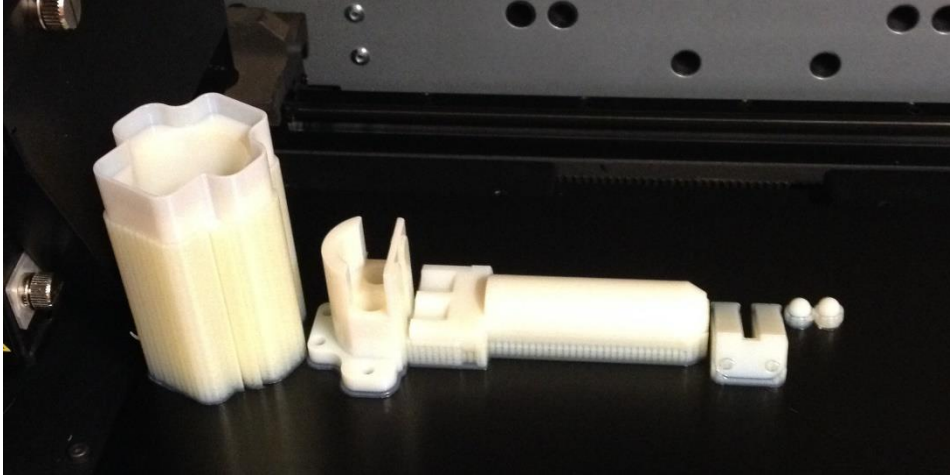
För att öka förståelse och kunskap kring sensorer gjordes ett studiebesök på Load Indicator AB, ett företag som är specialiserad på montering av tøjningsgivare. På grund av sekretessen kring hela projektet fördes bara en allmän diskussion kring sensorernas användning och placering. Valet av lämplig sensor gjordes med hjälp av en Pugh matris.

3.3 Beräkningar och materialval

Beräkningar var ett nödvändigt underlag, se bilaga 15 och bilaga 16, för att kunna bestämma den lämpliga tjockleken på sensorbalken samt för att kunna simulera i CAD. Utgående från beräkningar och kravspecifikation genomfördes materialval med hjälp av CES-programmet. För sensorbalken valdes metall som huvudmaterial på grund av dess höghållfasthet- och utmatnings egenskaper. Materialval bestämdes med hjälp av CES-programmet. Kriteriet för urval av material var: densitet, pris, utmatningsgräns och brottseghet.

3.4 Testmodell tillverkning

För att kunna verifiera att lösningen fungerar togs en testmodell fram med hjälp av en 3D skrivare, se figur 7. Detaljerna var inte exakt som på ritningsunderlaget eftersom tanken var att testa verktygets själva funktionalitet.



Figur 7. 3D skrivna detaljer till testmodellen.

Sensorbalken däremot, frästes fram från en bockad (böjd) aluminiumplåt, till önskad form och förutbestämda dimensioner. Sensorbalken lämnades in för montering av töjningsgivare. Detta utfördes av ett företag som specialiserat sig på töjningsgivare, Load Indicator AB. Resultatet syns i figur 8.



Figur 8. Färdig fräst sensor balken till vänster och till höger bilden på balken efter töjningsgivare monteringen.

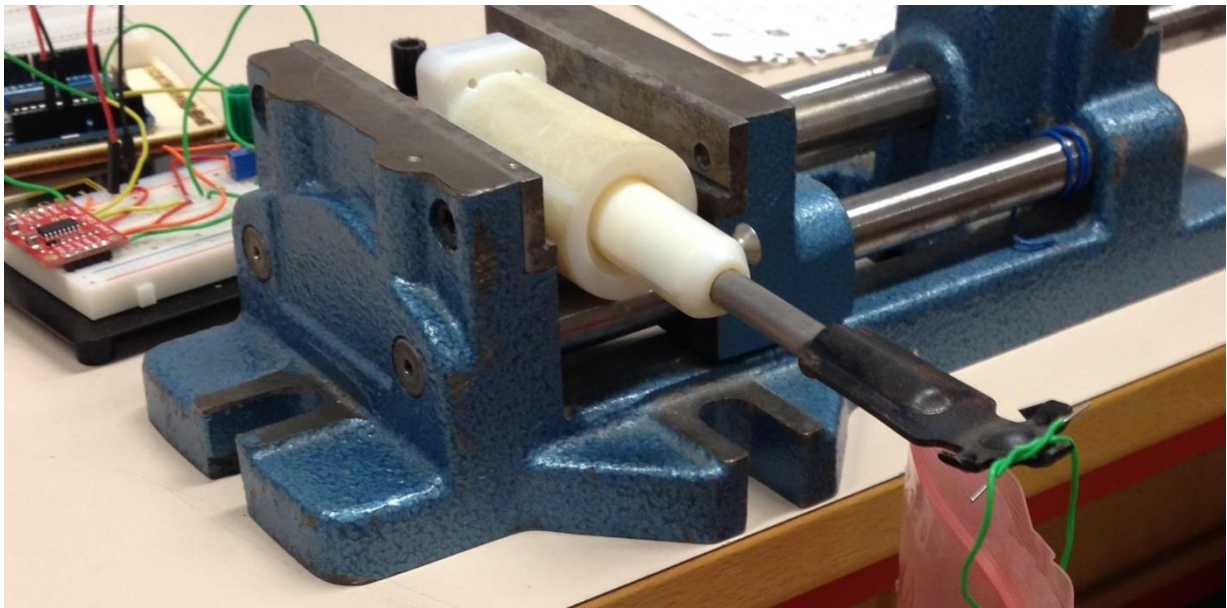
3.5 Test och verifiering

För att genomföra testet skapas en elektronisk krets för mätning av kraften som verktyget utsätts för. Den elektroniska kretsen är bestående i huvudsak av en arduino utvecklingskort och en

förstärkare HX711. För att reducera felsökningstiden och möjliga felmonteringar bestämdes det att kretsen skulle byggas ihop i små sektioner, för att slutligen montera ihop alla sektioner.

Med hjälp av en lastcell från en fickvåg kunde varje förstärkares kopplingstestas en och en. Programkod för viktavläsning skrivs i arduino IDE. Lastcellen kalibreras med en känd vikt, i detta fall en tio krona. På samma sätt kommer testmodellen att kalibreras men då med en vikt på 500 gram.

När båda förstärkarna är testade och fungerar, kopplas verktygets töjningsgivare och trimpotentiometer i en wheatstonebrygga. Verktöget fixeras med hjälp av ett skruvstycke och därmed är testriggen färdigmonterad, se figur 9.



Figur 9. Här visas testmodellen under testning.

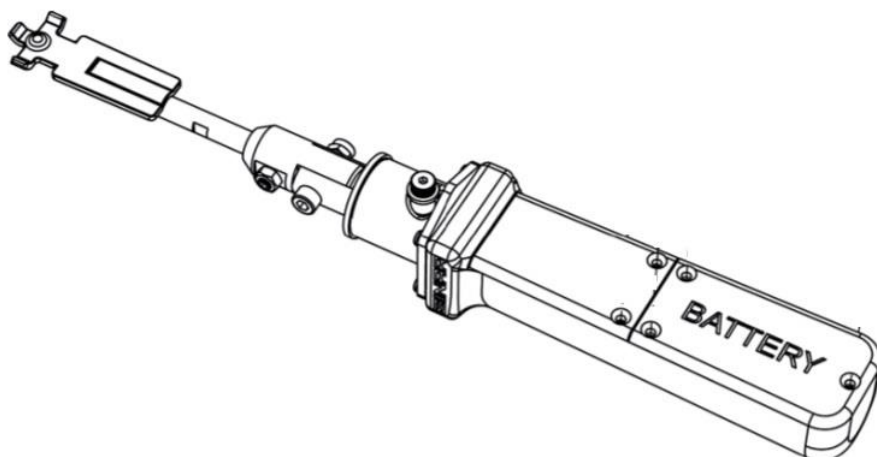
Böjmomentstestet genomfördes genom att en vikt läggas på verktöget under några sekunder för att sedan lyftas upp och läggas på igen. Avläsningen av den kända vikten görs på arduinos ”seriell monitor”. Testen upprepades sedan med olika vikter, men även för samma vikter för att kunna kontrollera repeterbarheten. De vikter som valdes för testet var 250 gram, 500 gram, 750 gram, 1000 gram och 1250 gram. Vridmomentstestet genomfördes inte eftersom det skulle krävas en specialbyggd rigg för ändamålet, eller en speciell vridmomentnyckel som inte fanns tillgängligt. Det som utfördes var en simulering av det högsta lastfallet med hjälp av CAD-verktyget. Detta för att kunna bekräfta att sensorbalken skulle kunna klara av ett antal laster utan att deformeras och brista.

4 Förundersökning

En förundersökning utfördes för att skapa en bild om vad som skulle tas fram och vilka delar i den befintliga lösningen som kunde förbättras eller ersättas. Förundersökningen bestod av en analys av den befintliga lösningen, en undersökning av dagens marknadslösningar samt en användarundersökning (där en intervju ingick).

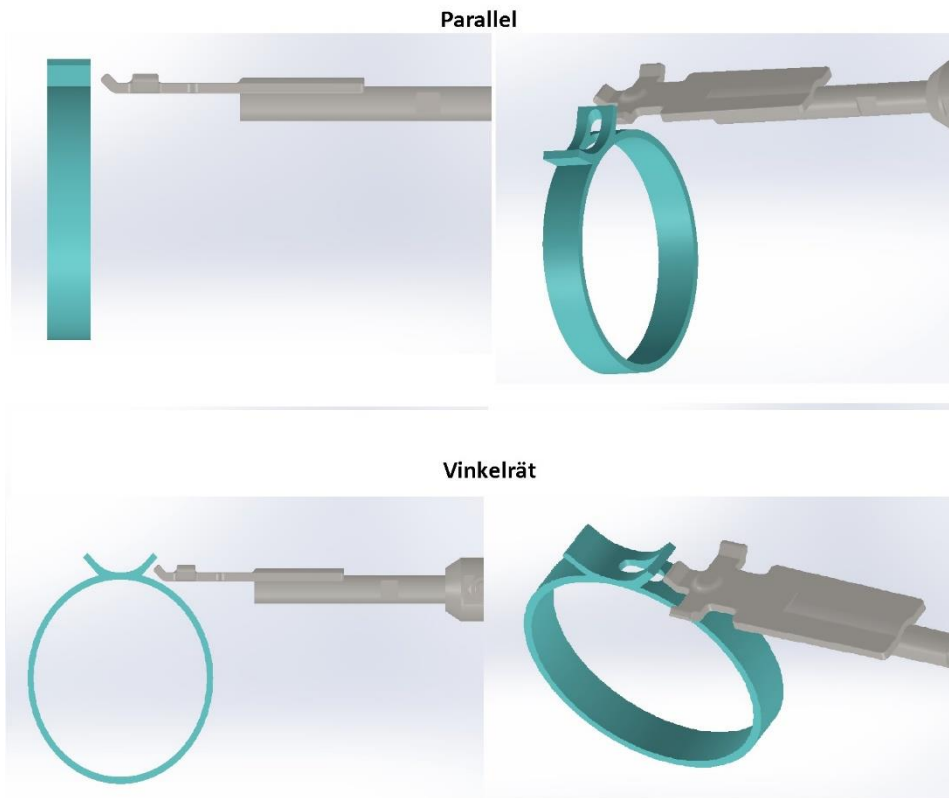
4.1 Analys av dagens lösning

Det verktyg som finns idag används som hjälpmedel vid montering, längs montagelinan för bilar, se figur 10. Den frisläpper en speciell typ av slangklämma, en förspända fjädrande slangklämma. Klämmorna sitter på slangar i motorerna. Den föröppnade slangklämman (av punktsvets variant se avsnitt 2.1) kommer förmonterade på slangen.



Figur 10. Bild över dagens lösning.

Dagens lösning består av väldigt många delar, cirka 20 olika detaljer. Verktyg kan användas på två sätt, se figur 11. Första alternativet är att öppna slangklämman genom att ställa verktyget vinkelrät mot slangklämmans mantelyta eller andra alternativet och då genom att ställa verktyget parallellt mot mantelytan.



Figur 11. På dessa två sätt kan verktyget användas.

Under arbetsmoments gång registrerar verktyget med hjälp av en kombination av delar där två fjädrar och en strömbrytare är de viktigaste av delarna. Det är fjädrarna som bestämmer hur mycket kraft det krävs för att verktyget ska avge en kvitteringssignal.

Fördelar med dagens lösning:

- Hel mekanisk konstruktion.
- Enkel användning.
- Fungerar tillfredställande i produktionsmiljö.

Nackdelar

- Slits mekaniskt.
- Kvitteringssignal är digital.
- Många delar
- Kan missa visa slangklämmor då känslighet är otillräckligt.

4.2 Analys av intervjudata

Frågorna utformades efter att ha analyserat den befintliga lösningen och i sammanband med ett möte på Binar Elektronik AB. Intervjun med utrustningsingenjören gav en djupare grund om hur och varför verktyget kom till. Enligt utrustningsingenjören är det viktigt att kvalitetssäkra produktionen i ett tidigt stadiet.

Resultatet från intervjun visade att det är viktigt att arbeta med verktygets känslighet för att registrera att momentet är utfört. En svag punkt i dagens lösning är att med kontinuerlig användning av verktyget så gängas skruven, som sitter i distansbrickan, ur med tiden. Detta i sin tur kan leda till att fjädrar och andra komponenter tappas bort då skruven lossnar. En annan punkt som ansågs viktig var att i framtida lösning bevara befintlig batteritid. Enligt utrustningsingenjören är operatörerna nöjda med verktygets vikt och utformning av handtaget, operatörerna var själva med och påverkade utformningen av handtaget.

Sammantaget har undersökningen varit lyckad. Den har förtydligat vad som är viktig att förbättras och vad som redan är bra med verktyget och kan behållas till kommande lösning.

4.3 Dagens marknadslösningar

Nedan beskrivs de vanligaste lösningarna som är speciellt anpassade för fjädrande slangklämmor

4.3.1 Handtång för fjädrande slangklämmor

Det är en ren manuell lösning. Den består av två skänklar och har speciellt anpassade käftar som är designade för att greppa tag i den fjädrande slangklämman, se figur 12. Detta för att enkelt kunna på- och avmontera slangklämman. Den har ofta en spärrfunktion för att simplificera processen och kunna anpassa sig efter olika slangklämmors storlekar.



Figur 12. Handtång för fjädrande slangklämmor med spärrfunktion.

Fördelen med detta verktyg är att den är billig. Nackdelen är att den alldeles för enkel för att kunna automatiseras.

4.3.2 Pneumatiskt monteringsverktyg

Det är ett verktyg som kan på- och avmontera fjädrande slangklämmor genom att omvandla komprimerad luft till rörelse. Den kan ha många olika utföranden men följande två utföranden är vanligast. Dessa ses i figur 13 och figur 14.

Ett verktyg med käftar (som i en handtång) som kan greppa tag i en fjädrande slangklämma och på- och avmontera den. Det vill säga när påtrycknings handtaget pressas ihop går käftarna ihop och då öppnar sig slangklämman. När påtrycknings handtaget släpps så går käftarna isär och slangklämman stänger sig.



Figur 13. Pneumatiskt handverktyg med käftar.

Nästa lösning använder sig av en cylinder och en kolv som åker längs med cylindern. Då påtrycknings handtaget pressas åt åker kolven fram och öppnar den fjädrande slangklämman. Kolven åker tillbaka då påtrycknings handtaget släpps.



Figur 14. Pneumatiskt handverktyg med av kolv typ.

Fördelen med denna variant är att uppbyggnaden av verktyget är relativt enkelt och den består av få delar. Nackdelen är att det krävs en slang för trycklufts försörjning då den måste vara påkopplad, vilket minskar flexibiliteten och den kan även upplevas som bullrig.

4.3.3 Vajerdriven variant

Den här versionen använder sig av en cylinder och en kolv likt den tidigare nämnda pneumatiska varianten, se figur 15. Men istället för att använda sig av komprimerad luft, så använder den sig av en vajer för att åstadkomma den nödvändiga rörelsen. Det vill säga när påtrycknings handtaget pressas ihop åker kolven fram och öppnar den fjädrande slangklämman. Den är även försedd med en spärrfunktion som i tidigare nämnd handtång variant.



Figur 15. Bild över tången som använder vajer för att åstadkomma rörelse.

Fördelen med denna variant är att den är enkel och den är anpassad för att komma åt svårframkomliga platser.

4.3.4 Frisläppande verktyg

Frisläppande verktyg är väldigt enkelt, se figur 16. Den använder sig av hävstångsprincipen och en special utformad spets. De användes vid frisläppning av slangklämmor som är föröppnade. Exempelvis den punktsvetsade slangklämman.



Figur 16. Bild över en frisläppande verktyg.

4.4 Töjningsgivare - studiebesök

Ett studiebesök arrangerades hos ett företag, Load Indicator AB, som installerar töjningsgivare. Studiebesökets syfte var att komplettera kunskaper om hur töjningsgivare används i praktiken. Där kunde ses olika typer av konstruktioner och applikationer där töjningsgivare används. Från studiebesöket fick man även allmänna tips om vad som behövs tänkas på då töjningsgivare används i konstruktionen. Som hur mycket materialet byggs på och ytfinheten där töjningsgivaren skall appliceras.

5 Kravspecifikation

Utgående från insamlade data har en kravspecifikations tagits fram. När det gäller prestanda så ska verktyget kunna registrera två krafter typer: en vinkelrätkraft och ett vridmoment. Kraftregistrering skall ha god repeterbarhet. Lösningen skall vara robust, användarvänlig och underhållsvänliga. Verktyget skall ha goda förutsättningar för serieproduktion det vill säga den skall vara enkel att tillverka. En mer detaljerad kravspecifikation med kriterier, målvärde, med mera finns i tabell 1.

Tabell 1. Kravspecifikation som .

Projekt	Slangklämverktyg				
	Funktion				
	Avger varningssignal då moment är utförd samt att kvittera att moment är utförd				
	Kriterier	Målvärde	K/Ö	Vikt	Referens (Kravställare)
1.	Prestanda			5	
1.1 Registrera Analogt	Vinkelrät kraft	12N (typ exempel)	K		Binar Elektronik AB
1.2 Registrera Analogt	Vridmoment	0,4Nm(typ exempel)	K		Binar Elektronik AB
2.	Framställning			2	
2.1 Process	God förutsättning för serieproduktion		K		Binar Elektronik AB
	Väl standardiserad		Ö		
2.2 Människa	Vara stöttålig		Ö		
	Minimera vikt		Ö		
3.	Användning			3	
3.1 Process	Enkel användning		K		Binar Elektronik AB
	Underhållsvänliga		Ö		
3.2 Miljö	Användning i verkstad		K		Binar Elektronik AB
3.3 Människa	Vara pålitlig		K		Binar Elektronik AB
	Ergonomisk arbetsställning		K		Binar Elektronik AB
	Vara logisk		Ö		
	Enhandsarbete		Ö		
4.	Kostnad			4	
3.4 Ekonomi	Tåla upprepad användning		K		Binar Elektronik AB
	Låg Tillverkningskostnad		Ö		

6 Val av sensor

En förstudie utfördes för att undersöka vilken typ av sensor som kunde vara lämpligast för det nya verktyget. De sensorer som bedömdes vara lämpligast var töjningsgivare, kraft känslig sensor, piezoelektrisk sensor och lastceller. Utgående från det faktaunderlag som samlades in och beskrevs i teoretiskt referensram har följande urvalskriterier valts fram.

- Noggrannhet: God repeterbarhet och god precision.
- Storleksanpassad för inkapsling: Eftersom det finns begränsad med plats.
- Billig: Sensor kostnad skall inte vara största kostnaden i verktyget.
- Mätområde: Det skall kunna registrera små deformationer.
- Uthållighet: Den skall klara cykliska påfrestningar under långtid.
- Applicering: Enkel att montera samt underhållsvänliga.⁴

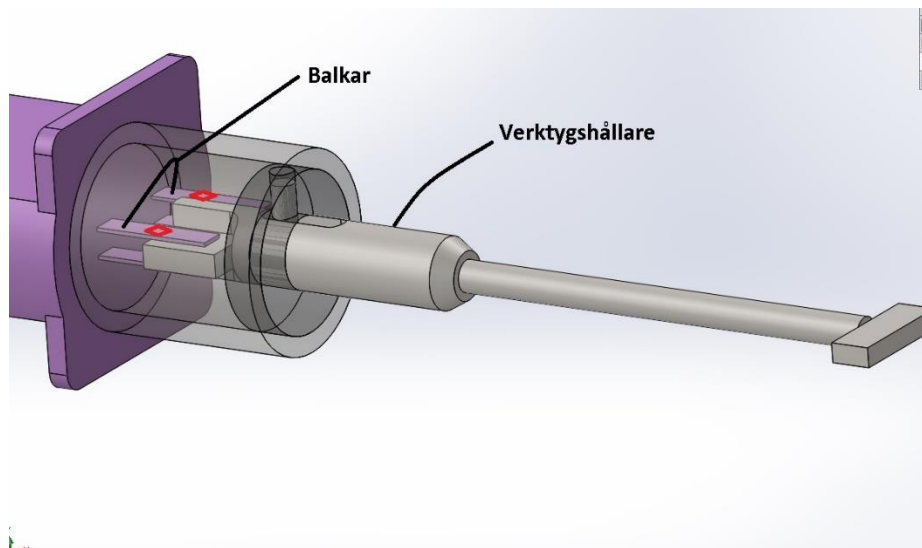
En Pughs matris[6] skapades för att kunna avgöra vilken sensor som var lämpligast för det nya verktyget. Sensorerna viktades och jämfördes i ovan nämnda urvalskriterier, Pughs matrisen finns i bilaga 3. Den sensor som visade sig vara lämpligast för det nya verktyget var töjningsgivaren.

7 Idéutveckling

Efter förundersökningen bedömds att mängden information som samlats in var tillräckligt för att börja ta fram idéer. Nästa steg var att ta fram idéer baserade på det lösningsförslag som kommit fram vid brainstorming. Nack- och fördelar med dessa diskuteras för vidare övervägningen längre fram i processen. Här presenteras idéerna samt bild på hur lösningen skulle kunna se ut.

7.1 Förslag på lösning 1

I det här förslaget är tanken att använda sig av balkböjning för att bestämma vilken storlek på kraften verktyget utsätts för. Töjningsgivaren fästs på de fyra balkarna som i sin tur är infästa på handtaget, enligt figur 17. Den andra änden av balkarna är fri, som syns i figuren nedan. I samband med att verktyget utsätts för krafter (vrid- och böjmoment) kommer balkarna att böja sig. Genom att analysera signalen från töjningsgivaren kan krafttypen bestämmas. Exempelvis om båda töjningsgivare påverkas ungefär lika mycket kan slutsatsen dras att den handlar om ett böjmoment. Däremot om det enbart är en av töjningsgivarna som påverkas då handlar det om ett vridmoment.



Figur 17. Bild över förslag på lösning 1. Töjningsgivare placering markeras rött.

Fördelar med denna lösning är:

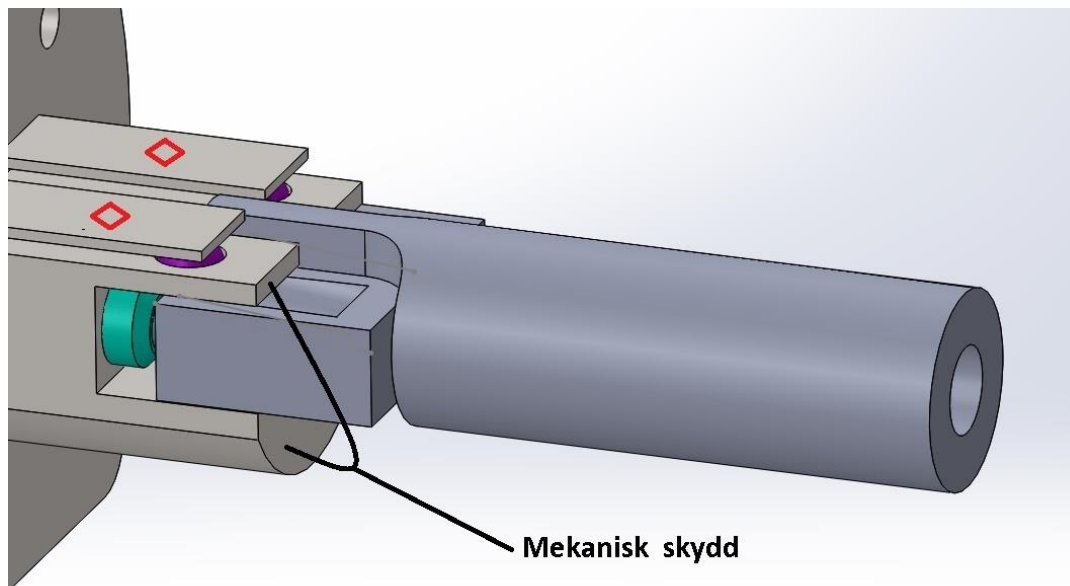
- Att den har få rörliga delar.
- Enkel konstruktion.

Nackdelar

- Töjningsgivarens balkar är för tunna samt känsliga mot stötar.
- Lätt att överbelasta.
- Avancerad tillverkning krävs för detta verktyg då balkarna är tunna.

7.2 Förslag på lösning 2

Det här förslaget är snarlikt det tidigare förslaget. Som i föregående förslag är töjningsgivarna placerade på balkarna enligt figur 18. Balkarna är fastspända i ena änden och den andra änden är fri. Då verktyget utsätts för krafter (vrid- och böjmoment) kommer balkarna att böja sig. Genom att analysera signalen från töjningsgivarna kan krafttypen bestämmas. Exempelvis om båda töjningsgivare påverkas ungefär lika mycket kan slutsatsen dras att den handlar om ett böjmoment. Däremot om det enbart är en av töjningsgivarna som påverkas så handlar det om ett vridmoment. Till skillnad från förslag ett, så kan det användas fyra stycken töjningsgivare för att förbättra mät noggrannheten samt signal storlek. I den här versionen har det också införts förbättringar när det gäller stöttskydd. Det används två stickna fjädrande trycksruvar, grön färgade i figur 18, för att dämpa stötar som uppkommer vid felaktig användning eller olycksfall som exempelvis då verktyget tappas på marken. Här infördes även ett mekanisk skydd i form av en begräsning i rörelsen, se pilen i figur 18, för att balkarna inte skall kunna plasticeras då verktyget överbelastas.



Figur 18. Bild över förslag på lösning 2. Töjningsgivare placering markeras rött.

Fördelar

- Enkel konstruktion.
- Få rörliga delar.
- Stöttskydd med fjädrar och mekaniskskydd mot överbelastning.
- Halvbrygga kan användas.

Nackdelar

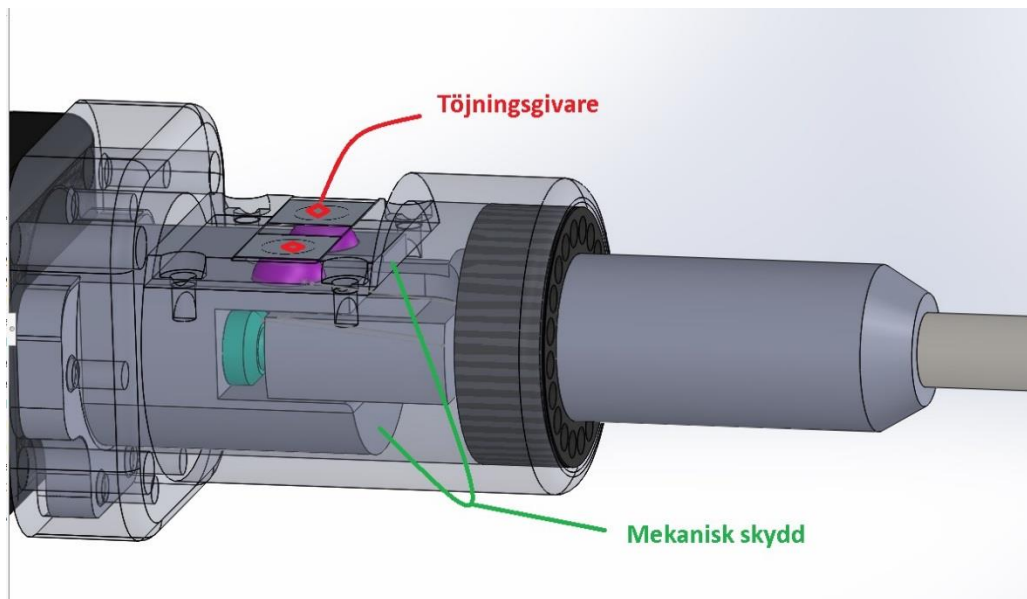
- Tunn balk.

7.3 Förslag på lösning 3

I det här förslaget placeras två töjningsgivare på varsin tunn plåt. De tunna plåtarna är fastspända mellan två metallskydds delar som håller plåtarna på plats. Då verktyget utsätts för krafter (vrid- eller böjmoment) kommer plåtarna att böjas. Genom att analysera signalen från

töjningsgivarna kan krafttypen bestämmas. Exempelvis om båda töjningsgivarna påverkas ungefär lika mycket kan slutsatsen dras att den handlar om ett böjmoment. Däremot om det enbart är en av töjningsgivarna som påverkas så handlar det om ett vridmoment.

Det används två stycken fjädrande tryckskravar, grönfärgade i figur 19, för att dämpa stötar som uppkommer vid felaktig användning eller olycksfall som exempelvis då verktyget tappas på marken. Här infördes även ett mekanisk skydd i form av en begränsning i rörelse, se pilen i figur 19, för att balkarna inte skall kunna plasticeras då verktyget överbelastas.



Figur 19. Bild över förslag på lösning 3. Här visas töjningsgivare tänkta placering samt det mekaniska skyddet.

Fördelar:

- Robust konstruktion
- Stöttskydd med fjädrar
- Töjningsgivaren är lättillgängliga för av- och påmontering
- Töjningsgivaren är välskyddad

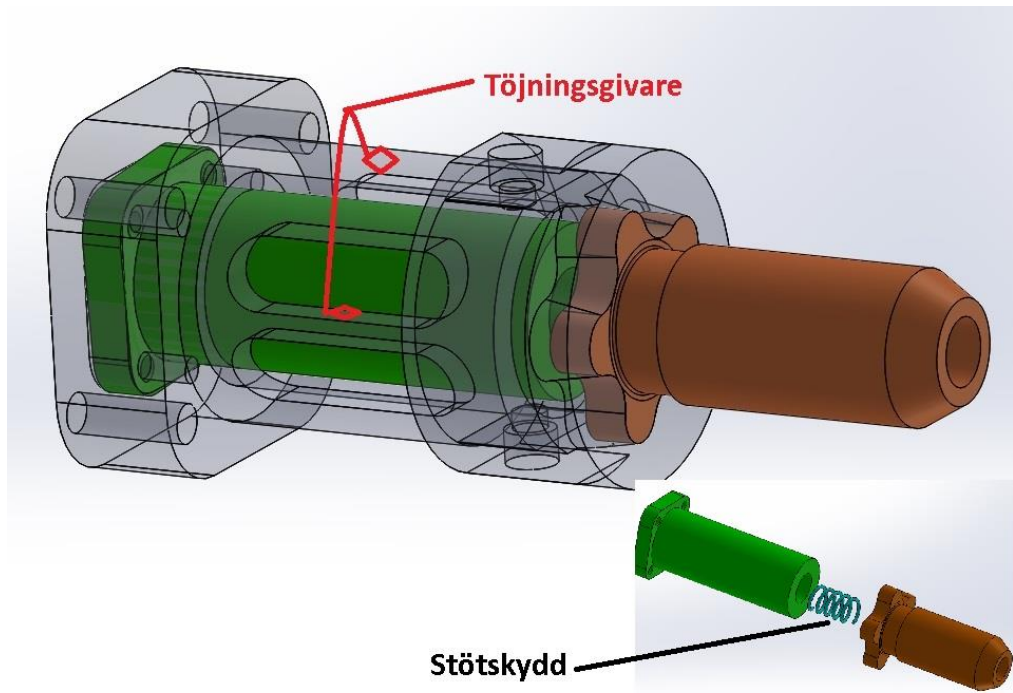
Nackdelar:

- Flera delar än tidigare lösningar.

7.4 Förslag på lösning 4

I det här förslaget placeras töjningsgivare på spåren alternativt mantelytan på den yttre cylindern, se figur 20 nedan. Spåren finns även på andra sidan(180 grader vridning). Verktygshållare (brun i figur 20) är utformad som en stjärna. Tanken med utformningen är att den ska styra sig in på exakt samma ställe då verktyget påverkas av kraft som är kolinjär med verktygshållarens centrum linje. Vridmoment och vinkelräta krafter registreras med hjälp av de töjningsgivarna som limmas på mantelytan alternativt spåren.

För att åstadkomma stöttskydd placeras en fjäder in i den gröna cylindern, se figur 20. Fjäders kommer också att hjälpa till att positionera hållaren på rätt plats.



Figur 20. Bild över förslag på lösning 4. Här visas töjningsgivarnas tänkta placeringar samt det mekaniska skyddet som placeras in i den gröna detaljen.

Fördelar:

- Få delar
- Stöttskydd

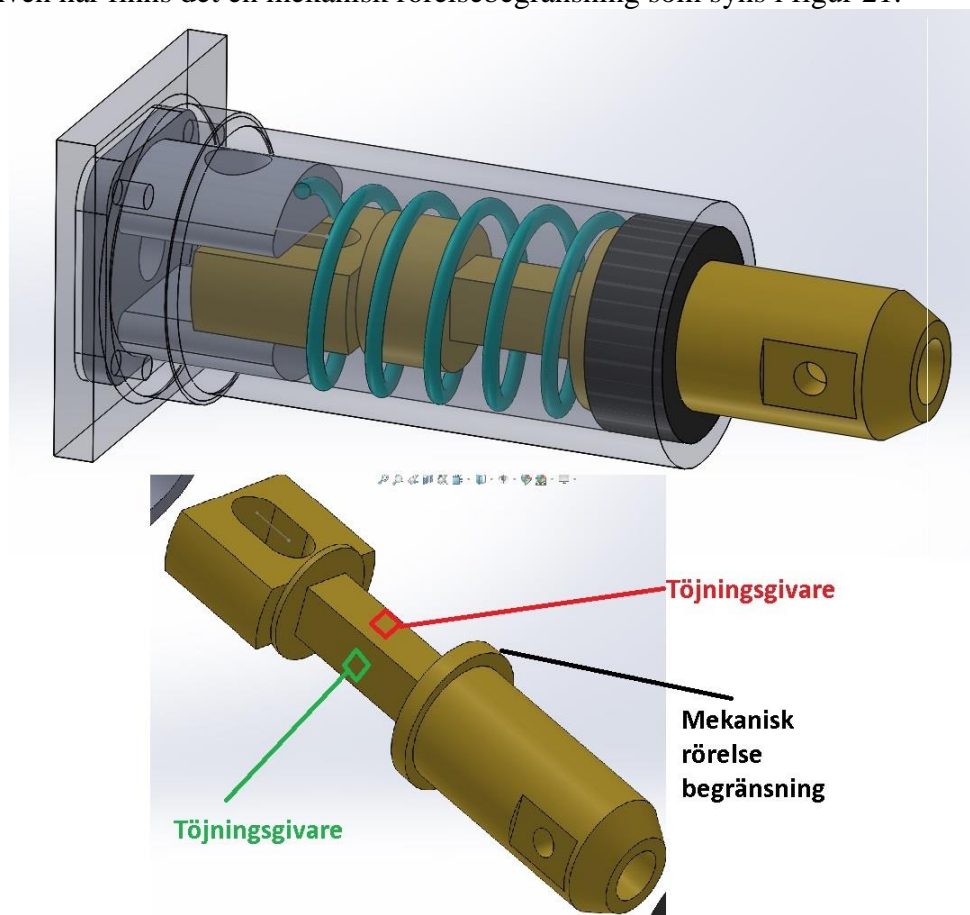
Nackdelar:

- Töjningsgivare är oskyddad
- Komplicerad konstruktion
- Tunna väggar krävs vilket leder till känslighet för deformation och stötar

7.5 Förslag på lösning 5

I det här förslaget placeras töjningsgivarna på det platta delarna av verktygshållaren, se figur 21. Tanken här är att när verktyget utsätts för böjmoment kommer de två töjningsgivarna som är placerade på ovan- och undersidan av hållarens balk att töjas och på så sätt registreras den vinkelräta kraften. Vridmomentet registreras däremot med hjälp av två töjningsgivare som är placerade på var sin sida av den rektangulära delen av verktygshållaren.

För att skydda verktyget mot stötar placeras en fjäder runt om verktygshållaren, enligt figur 21 nedan. Även här finns det en mekanisk rörelsebegränsning som syns i figur 21.



Figur 21. Bild över förslag på lösning 5. Här visas töjningsgivarnas tänkta placeringar. De töjningsgivare som ska registrera den vinkelräta kraften markeras med rött. De töjningsgivare som ska registrera den vridande kraften markeras med grönt. Den mekaniska rörelsebegränsningen markeras med svart.

Fördelar:

- Enkel konstruktion
- Halvbrygga kan användas
- Stötskydd
- Få delar

Nackdelar:

- Töjningsgivare är oskyddad
- Krångligt med ledningar.
- Fjäders dimensioner finns inte som standard.
- Känslig för överbelastning. (balken blir för tunn)

8 Konzeptutveckling

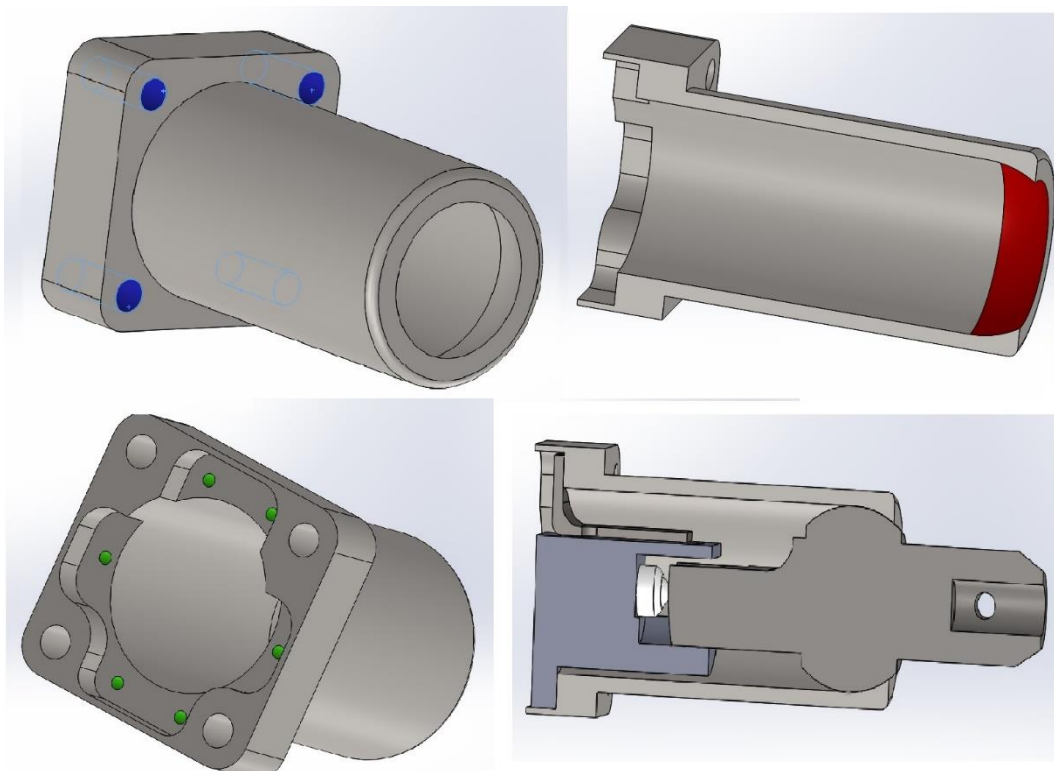
För att avgöra vilket förslag som ansågs ha bättre förutsättningar för vidareutveckling ställdes det upp en keselringsmatris[6]. Därefter visade det sig att det förslag som skulle vidareutvecklas var ”förslag på lösning nummer två”. Här presenteras omvandlingen från idé till koncept samt en mer detaljerad beskrivning om hur hela idén hänger ihop.

8.1 Konzeptets olika delar

Den idén som ansågs ha bättre förutsättningar för att vidareutvecklas än de andra, tidigare nämnda, var förslag på lösning nummer två. Den består av sex huvuddelar samt fixeringskruvar. Här presenteras de viktigaste delarna av konceptet mer detaljerat.

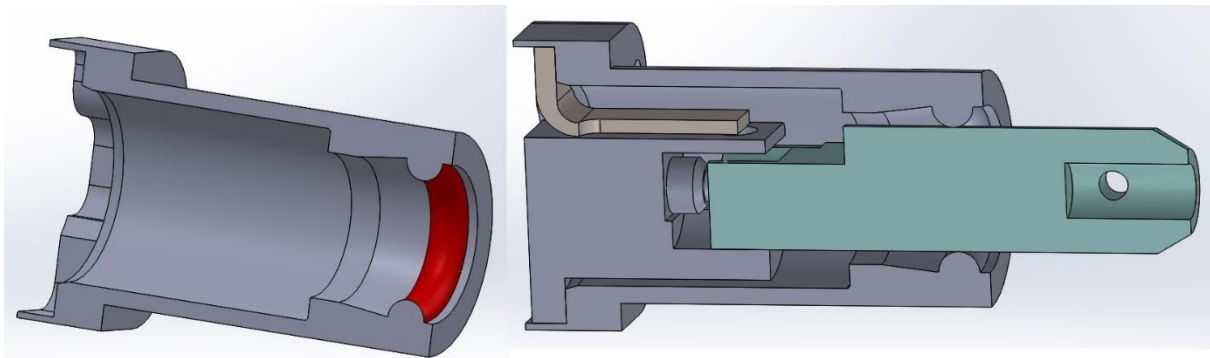
8.1.1 Sensorhus

Sensorhuset är den delen av konceptet som inkapslar fjäderhållaren, fjädrande tryckskroven samt sensorbalken. I sensorhuset finns även verktygets vridningspunkt, se figur 22. Det fanns två alternativ att välja mellan för sensorhuset. Första alternativet finns i figure 22.



Figur 22. Första alternativ till sensorhuset. De blå markerade hålen är för infästning på handtaget. Den röd markerade ytan är vridningspunkten och de grön markerade hålen är infästningshål för sensorbalken och fjäderhållaren.

Tanken med att vridningspunkten är sfäriskt utformad för att tillåta fri rotationsrörelse. Det andra alternativets uppbyggnad skiljer sig bara med avseende på vridningspunkten och verktygshållarens utformning. I figur 23 syns det andra alternativet.

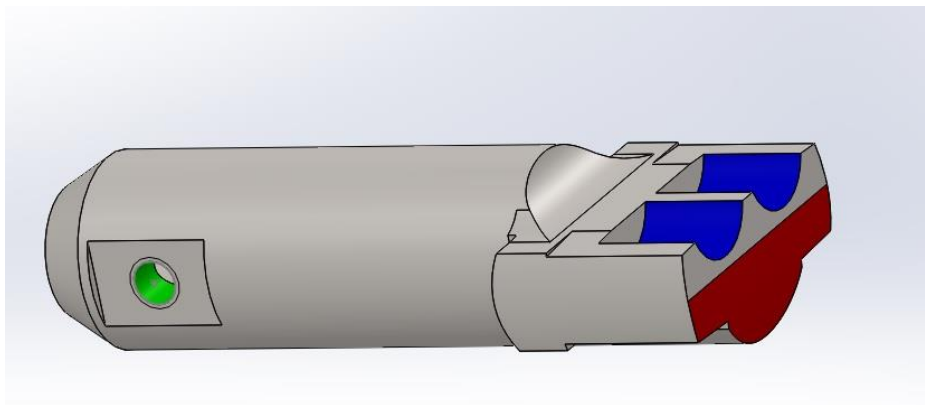


Figur 23. Det andra sensorhus alternativet. Vridningspunkten är röd markerad.

Sensorhuset är fastspänd på handtaget med hjälp av fyra M4 skruvar. Det sensorhus som anses vara mest lämpligt var alternativ nummer två. Då den har minst kontaktyta, det vill säga minst friktion inverkan.

8.1.2 Verktygshållare

Verktygshållare är som namnet antyder, den delen av verktyget som håller fast verktygshuvudet ("Control Rod" i bilaga 2). Verktygshållare finns i två alternativa lösningar beroende på vilket Sensorhus som används. Det som skiljer lösningarna åt är vridningspunkten markerad i rött på figur 22 och figur 23. Resterande detaljer är lika. Den lösning som syns i figur 24, är verktygshållaren som hör ihop med alternativ två för sensorhuset. Verktygshållaren har två runda spår som är blå markerade i figur 24. De runda spåren är till för att positionera kulorna på rätt plats.

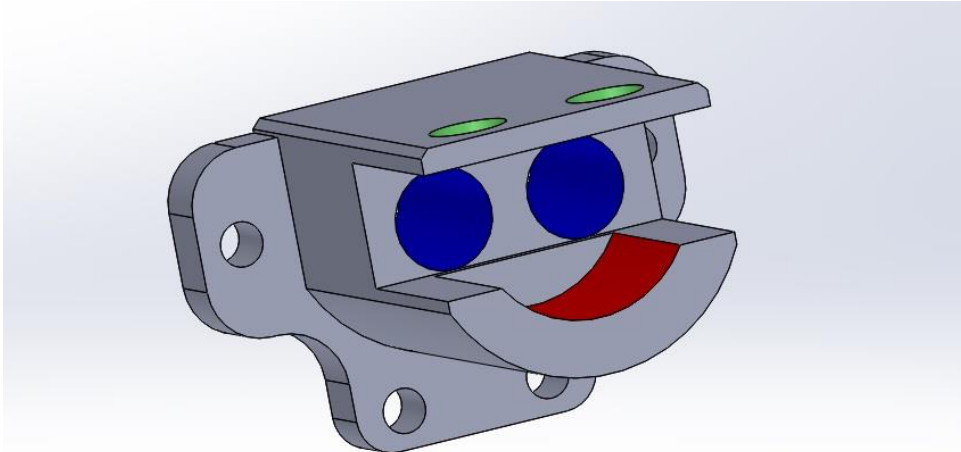


Figur 24. Här visas verktygshållaren.

Den rundade ytans (se rött markerat i figur 24) funktionalitetet är att behålla samma avstånd till vridningspunkten, med relation till tryckskraven, utan att påverka tryckskravarnas träffpunkt på verktygshållaren. Därför har den radie på 33 millimeter, då verktyget påverkas av en vinkelrät kraft. Det gröna markerade hålet, i figur 24, är till för att spänna fast verktygshuvudet (den så kallade "Control Rod" i bilaga 2).

8.1.3 Fjäderhållare

Fjäderhållare, är som namnet antyder, den delen av konstruktionen som används för att hålla de fjädrande tryckskruvorna. Fjäderhållaren är också avsedd för att begränsa verktygshållarens rörelse. På så sätt ge fjäderhållaren ett mekaniskt skydd, det vill säga sensorbalken får inte en högre belastning än vad den är dimensionerade för.

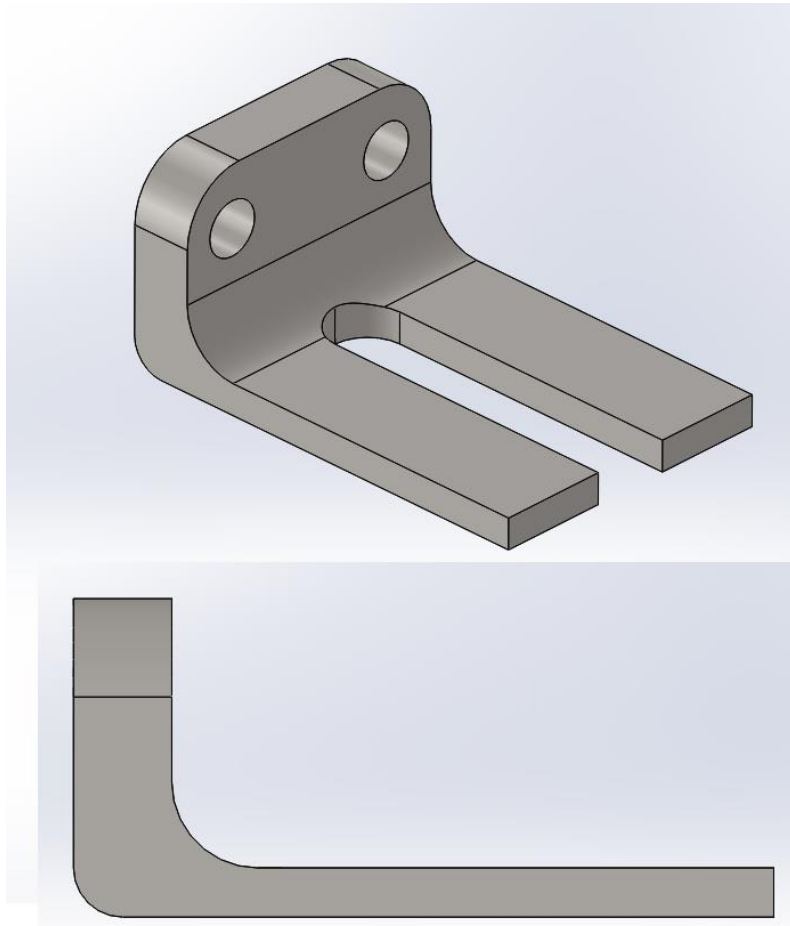


Figur 25. Bild över fjäderhållare. Det grön markerade hålen är styr hålen. De blå markerade hålen är gänghål för de fjädrande tryckskruvorna och den röd markerade yta är styrnings ytan för verktygshållaren.

Verktygshållaren behöver en styrande yta för att den skall sitta stabilt och styra verktygshållarens rotation då verktyget används i vridning. Den rödmarkerade ytan i figur 25 som är den så kallade styrande ytan, är placerad i fjäderhållaren. En annan funktion verktygshållaren har är att styra stålkulorna så att de träffar balken precis på samma punkt varje gång. Detta för att hålla en hög avläsnings precision. Detta åstadkoms med hjälp av två sex millimeters hål. Fjäderhållare fästes mot sensor huset med hjälp av fyra M4 skruvar.

8.1.4 Sensorbalk

Sensorbalken är en L-formad balk. Den har ett spår i mitten och två skruvhål, se figur 26. Syftet med spåret är att skapa två skilda balkar så att kraft typen kan bestämmas. Det vill säga att om verktyget utsätts för en vinkelrät kraft kommer båda balkarna att påverkas lika mycket. Däremot om det handlar om en vridande kraft kommer en av balkarna att påverkas och den andra kommer att vara opåverkad.

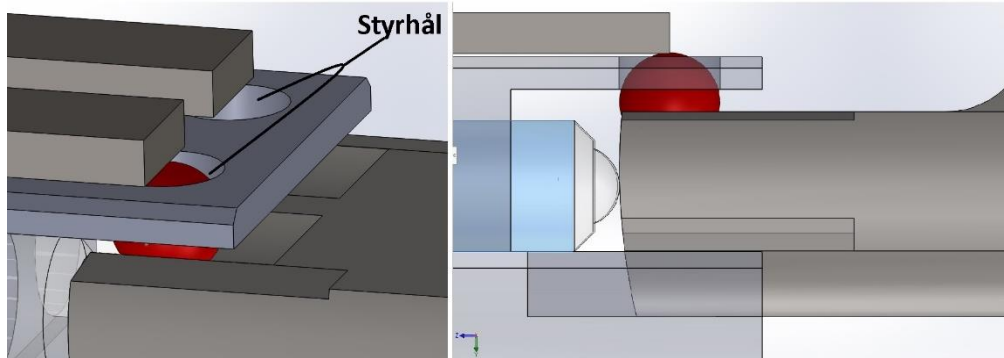


Figur 26. isometrisk vyn och sid vyn av sensorbalken

Sensorbalken kommer att utsättas för en cyklisk påfrestning som går ut på att en stålkula kommer att trycka på balken (som töjningsgivaren är fäst på) som i sin tur kommer att böjas. Balkens böjning kommer att registreras med hjälp av fyra töjningsgivare. I bilaga 11 finns några andra vyer över sensorbalken.

8.1.5 Stålkulor

I konceptet används två stålkulor som sex millimeter i diameter. Stålkulorna används för att överföra kraften från verktygshållare till sensorbalken. Stålkulorna ligger på varsitt cylindriskt spår som finns i verktygshållaren.

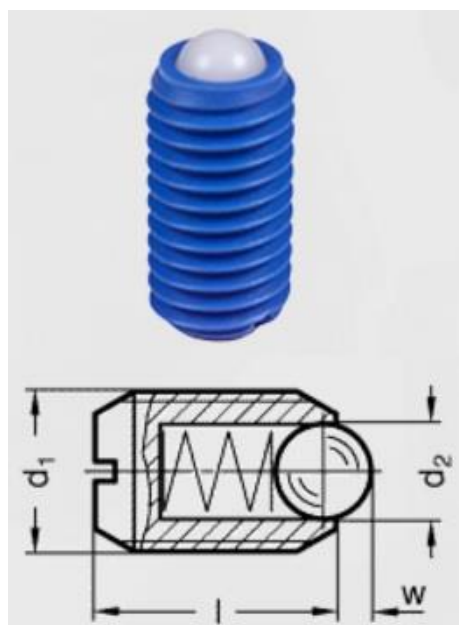


Figur 27. Bild över stålkulornas placering, markerat med rött.

Kulorna styrs med hjälp av två styrhål som finns i fjäderhållaren, se figur 27. Med hjälp av dessa hål träffar stålkulorna sensorbalken exakt på samma punkt varje gång. Stålkulorna finns att köpa som standard. Det är vanliga kulor som förekommer exempelvis i cykellager.

8.1.6 Fjädrande tryckskruv

Konstruktionen innehåller två fjädrande tryckskruvar. Dessa fjädrande tryckskruvar består av ett utvändigt gängade skruvar med ett hål i mitten. I hålet finns en fjäder och en kula. Kulan trycks in då en axiell kraft appliceras mot den, se figur 28.



Figur 28. Fjädrande tryckskruven. Dimensioner: $d_1 = 8$ mm, $d_2 = 5$ mm, $l = 16$ mm och $w = 1.5$ mm. Fjäderkraft är mellan 20 – 35 N.

Den fjädrande tryckskraven som används i konstruktionen har en M8 utvändig gänga. Syftet med den fjädrande tryckskraven är att positionera verktygshållare samt att ge ett visst skydd mot stötar. Samt att minska antal ytor som påverkas av nötningen.

9 Testtrigg programmet

Här beskrivs kort kalibrering av testtriggen samt en beskrivning av testtriggens testprogram.

9.1 Kalibreringsprogram

För att kalibrera töjningsgivare används fyra funktioner från HX711 biblioteket[11]. Dessa funktioner är "begin", "set_scale", "tare" samt "get_value". "Begin"-funktionen tar in två parametrar: första parametern talar om data benets placering och den andra parametern talar om klock benets placering. Vid kalibreringen initieras "set_scale" och "tare" utan några parametrar, exempelvis enligt följande: "sensorX.set_scale()" och "sensorX.tare()". Nollställningsvärdet placeras i "set_scale" funktionen. "Tare"-funktionen säger att nollställningsvärdet som sätts i "set_scale" är den nya nollan. Därefter kallas en annan funktion som hämtar sensorvärde, "get_units()". "Get_units()" returnerar ett genomsnittsvärde av ett visst antal avläsningar. Exempelvis "get_units(10)" kommer att returnera ett genomsnittsvärde på tio avläsningar. Värdet som fås från "get_units" divideras med det kända vikten. Detta värde i sin tur är kalibreringsvärdet.

9.2 Avläsningen av last

Programmet som avläser lasten, som verktyget utsätts för, är uppbyggd i princip på samma sätt som kalibrerings programmet. Det som skiljer avläsningsprogrammet från kalibreringsprogrammet är att den nya nollan är inmatad i "set_scale()". För att presentera värdet på Arduinos IDE "seriell monitor" används funktionen "Serial.begin". Värdet som hämtas med hjälp av "get_units()" presenteras i kilogram, detta genom att dividera "get_units()" -värdet med tusen. Programmet som används för avläsningen finns i bilaga 17.

10 Resultat och rekommendationer

Här presenteras resultat från FEM-analysen, resultat av test på modellen, materialval, rekommendationer samt kravuppföljningen.

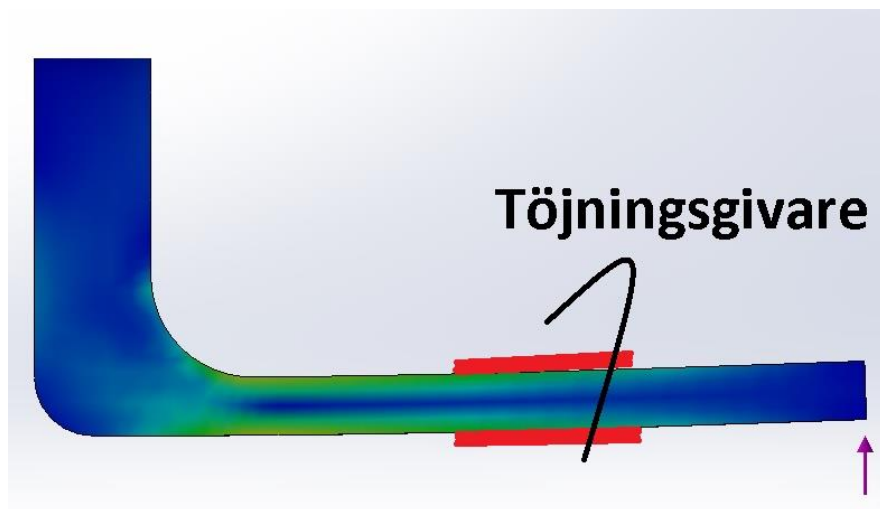
10.1 Sensorhus och verktygshållare

Vissa delar i den nya lösningen kommer att utsättas för nötning. För att begränsa nötningspåverkan eller näst intill eliminera nötningen kan ytbeläggningar användas [7]. De delarna som skulle vara lämpliga att ytbeläggas är sensorhuset och verktygshållare, alternativt kan smörjmedel användas.

Några fördelar med ytbehandlingen är att den hjälper till att undvika ytskador samt att minimera friktion.

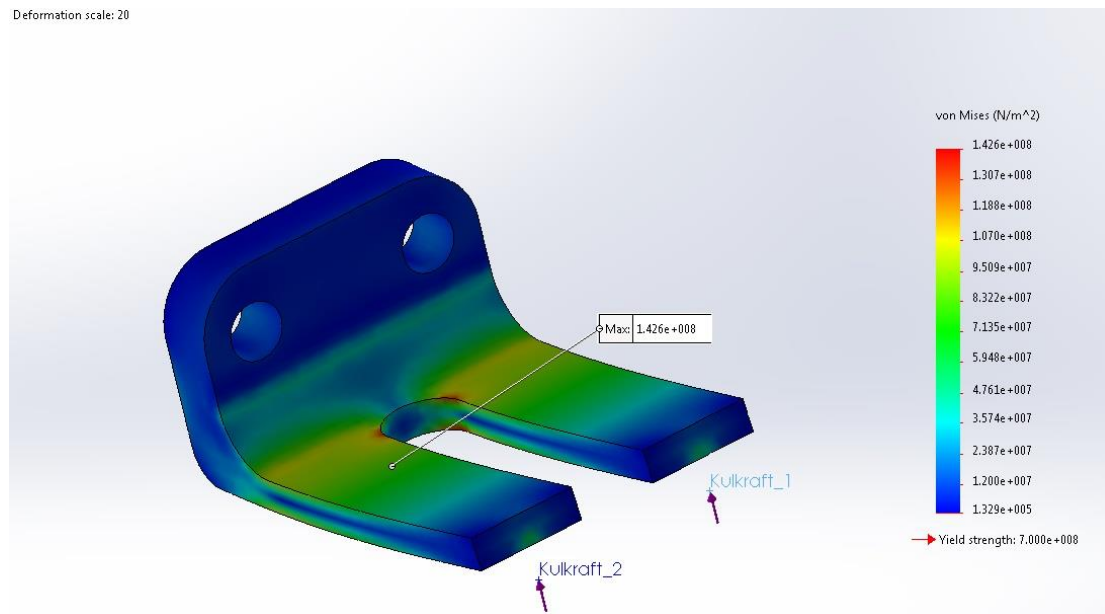
10.2 Sensorbalken materialval

Här presenteras vilket material som skulle rekommenderas för sensorbalken. Eftersom sensorbalken kommer att utsättas för en cyklisk påfrestning måste balkens material vara tillräckligt hållfast för att klara av ett antal cykler utan att plasticeras och brista. Antalet cykler den bör klara av ges av kravspecifikation (cirka 10^6 cykler). Figur 29 visar riktningen som balkarna kommer att böjas.



Figur 29. Den lilla pilen illustrerar kulkraften. De röda detaljerna illustrerar töjningsgivarna. Den töjningsgivare som sitter på ovan sidan kommer att komprimeras och den som sitter på den undre sidan kommer att expandera.

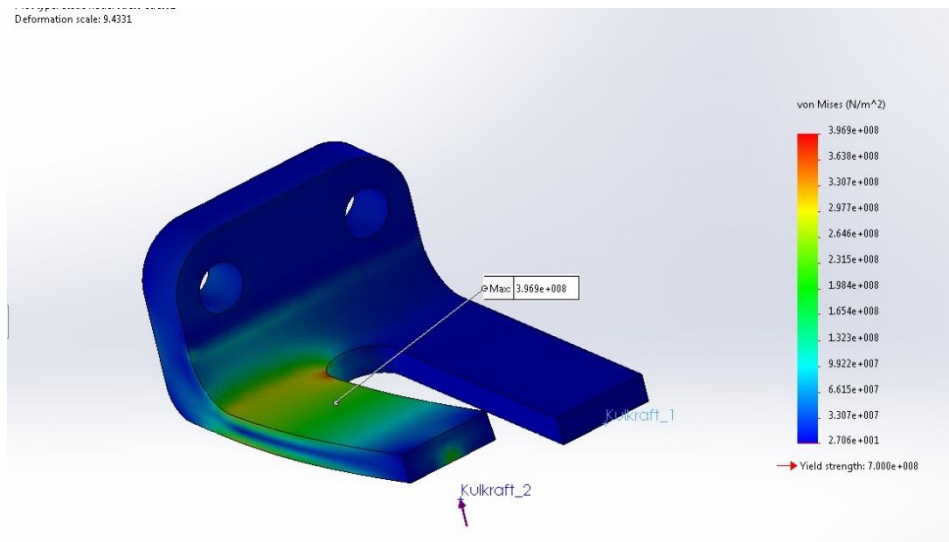
Då verktyget utsätts för en vinkelrät kraft, om 12 Newton, kommer sensor balken att påverkas av en kraft om 46.8 Newton, se beräkningar i bilaga 15. Denna kraft delas upp lika på två punkt krafter enligt figur 30.



Figur 30. Bilden visar var den största spänningen uppkom samt dess storlek, röd för hög spänningskoncentration och blå för låg.

På grund av sensorbalkens komplexa utformning så används en CAD mjukvara för att få fram, med högprecision, var och hur stor den största spänningen är. Genom att analysera vart det uppkom för stor spänning gjordes ändringar på bland annat spårform, radie storlek samt balkens tjocklek för att minska spänningen. Slutresultatet visas i figur 31.

När verktyget används i vridning kommer endast en av balkarna att påverkas. Den kraft som påverkar balken är som störst 69.5 [Newton], se beräkningar 2. Figur 31 visar var och hur stor den största spänningen är.



Figur 31. Bilden visar var den största spänningen uppkom samt dess storlek, rött markerat för hög spänningskoncentration och blått för låg.

FEM analys var också en viktig förutsättning för att kunna bestämma dimensionerna på sensorhusets inre diameter. Med FEM analys kunde balkens maximala utböjning förutsägas.

Verifiering av spänningens storlek var en viktig faktor för att kunna bestämma vilket material som var mest lämpligt för sensorbalken. En sökning gjordes med hjälp av ett program för materialval, CES edupack. Vilka kriterier som används och en brottgräns-utmatnings graf finns i bilaga 8 respektive bilaga 9.

Materialen som visade sig vara lämpliga var låg-, medel- och högkolhaltiga stål. Ett material som visade sig vara lämpligt för cykliska påfrestningar var fjäderstål, materialet har beteckningen SS2230[4]. Fjäderstålet är ett material med hög sträckgräns och mycket goda motståndsegenskaper mot utmatningar. SS2230 används främst i tillverkningen av fjädrar. Datablad om SS2230 finns i bilaga 7.

Materialet som används i dagens lösning är automatstål. Den är ett blylegerat stål med utmärkt skärbarhet[4]. Eftersom materialets skäreenskaper är så fördelaktiga för serietillverkning tycker vi att alla andra delar, förutom sensorbalken, kan i fortsättning tillverkas i automatstål. Som tidigare nämnt istället för att använda sig av smörjmedel skulle man kunna ytbehandla vissa ytor för att förebygga nötningen och tidigt förslitning. En till sak att ha i åtanke vid ytbeläggning är att tänka på hur mycket beläggning bygger på materialet. Ibland efter ytbehandlingen kan det vara nödvändig med en efterbearbetning. Om inte ytbehandling används kan det vara nödvändig att göra några smörjspår på sensorbalken och verktygshållare.

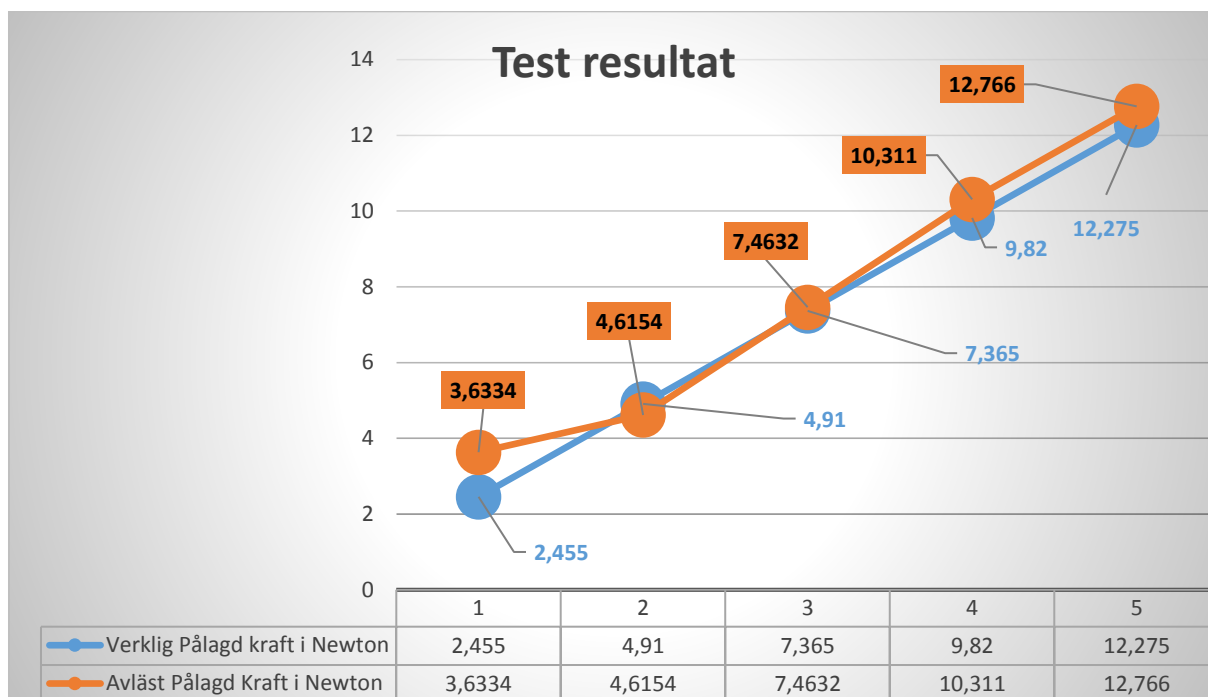
10.3 Resultat av modell test

Resultatet till modell test visas sig vara lyckats. Testen visar att den nya verktygslösningen har en god repeterbarhet vid utförande av arbetsmomentet. Den har en stor avvikelse vid låga belastningar men det bästa resultatet visas vid kalibreringsvikt (750 gram).

Tabell 2. Testvärdena vid olika försök. Sensor värdena i kilogram.

Vikt	Test 1		Försök 1	Försök 2	Försök 3
250 gram	Sensor 1		0,18	0,17	0,18
	Sensor 2		0,18	0,16	0,16
	Summa		0,36	0,33	0,34
	Avvikelse		+44%	+32%	+36%
500 gram	Sensor 1		0,24	0,25	0,25
	Sensor 2		0,23	0,23	0,23
	Summa		0,47	0,48	0,48
	Avvikelse		-6%	-4%	-4%
750 gram	Sensor 1		0,38	0,39	0,38
	Sensor 2		0,38	0,38	0,38
	Summa		0,76	0,77	0,76
	Avvikelse		+1.3%	+2.7%	+1.3%
1000 gram	Sensor 1		0,54	0,54	0,54
	Sensor 2		0,51	0,50	0,50
	Summa		1,05	1,04	1,04
	Avvikelse		+5%	+4%	4%
1250 gram	Sensor 1		0,67	0,68	0,68
	Sensor 2		0,66	0,66	0,66
	Summa		1,33	1,34	1,34
	Avvikelse		+6.4%	+7.2%	+7.2%

Som tabell 2 visar, finns det en viss avvikelse från den verkliga pålagda kraften. Felkällor kan vara fel vid kalibrering, förstärkare är inte tillräcklig noggrann samt hysteres i sensorbalken eller/och töjningsgivaren. Men eftersom huvudmålet är att registrera kraften vid den ett begränsat (12 Newton som typ exempel från kravspecifikation) området anses verktyget vara tillräckligt noggrann. Figur 32 visar en jämförelse mellan den verkliga kurvan och den avlästa kurvan. Som grafen visar är mätningar hyfsat lineära.



Figur 32. Grafen och tabell med värden på den verkliga pålagda kraften och den avlästa kraften.

10.4 Kravuppföljningen

Under projektets gång har alla krav och önskemål tagits hänsyn till. Som det syns i tabell 3 har de flesta krav och önskemål uppfyllts.

Tabell 3. Krav och önskemål uppföljningen.

Krav	Uppfyllt?	Hur har det uppfyllts?
Registrera vinkelrät kraft analogt	Ja	Med hjälp av töjningsgivare.
Registrera vridmoment analogt	Ja	Med hjälp av töjningsgivare.
God förutsättning för serieproduktion	Ja	Hänsyn har tagits vid design så att den nya framtagna lösningen kan tillverkas med hjälp av svarvning och fräsning.
Enkel användning	Ja	Verktyget har få delar. Enkel att ta isär. De enda lösa delar som finns i verktyget är stålkulorna.
Ska kunna användas i verkstadsmiljö.	Ja	Verktyget har förutsättningar att användas i verkstadsmiljö. Då töjningsgivaren är väl skyddad med ett lager isoleringsskydd som appliceras vid monteringen. Dessutom är elektroniken inkapslad i handtaget.
Vara pålitlig	Ja	Den är underhållsvänlig och lätt att plocka isär vid service/underhåll.
Ergonomisk	---	Den delen hanteras ej tagits hänsyn till i den här rapporten.
Tåla upprepade användning	Ja	Hänsyn har tagits vid dimensioneringen av sensorbalken så att den skall kunna klara av 10^6 cykler utan att brista.
Låg tillverkningskostnad	Ja	Hänsyn har tagits vid val av sensor och tillverkningsmetod.
Önskemål	Uppfyllt?	Hur har det uppfyllts?
Väl standardiserad	Ja	Hänsyn har tagits till att använda komponenter som finns som standard, exempelvis skruvar och tryckskravar med metriska gängor.
Vara stöttålig	Delvis	Tanken var att en ”drop test” skulle utföras, det vill säga en simulering på hur verktygets alla delar beter sig då den utsätts för en stöt, exempelvis tappats på marken. Men CAD programmet som användes under projektet saknade den funktionen. Men hänsyn har tagits då det infördes vissa mekaniska skydd för att skydda sensorbalken. Även tryckskravar har införts för att minska belastningen som verktyget utsätts för vid en kraft, som är parallellt mot verktygshållarens centrumlinje.
Minimera vik	Nej	Verktyget väger i stort sätt samma som dagens lösning, cirka 500 gram.
Underhållsvänliga	Ja	Verktyget är enkel att demontera.
Vara logisk	Ja	Den bör användas precis som ett manuellt verktyg.
Enhandsarbete	Ja	Den bör användas precis som ett manuellt verktyg.
Multifunktionell	Ja	Den kan registrera båda vridmoment och vinkelrätkraft.

11 Slutsats och diskussion

Målet med detta examensarbete var att förbättra en befintlig lösning för ett verktyg som frigör förspända slangklämmor, samt att gå från en digital till en analog lösning. Lösningen ska registrera kraften som krävs för att frigöra de förspända slangklämmorna analogt. Dessutom skulle känsligheten ökas och antalet rörliga delar skulle minska samtidigt som verktygets robusthet skulle förbättras.

Verktyget som tagits fram kan nu registrera kraften den utsätts för i form av en analog signal samt att antalet delar på verktyget har minskat, men samtidigt är den fortfarande robust. Verktyget är känsligare och kan därmed registrera kraften inom ett visst mätområde, detta var ett av kraven från Binar Elektronik AB och som dessutom var en viktig funktion för användarna. Känslighet kan ställas in genom enkla ändringar i programkoden. För att få fram tillverkningsvänliga utformningar av verktygets olika delar, har hänsyn tagits till detta genom hela konceptutvecklingen. Därmed anser vi att verktyget som skapades under projekt är lyckat.

Tidsmässigt tycker vi att tidsplan följdes bättre än förväntade. Vi försökte skriva rapport ganska fort eftersom vissa delar av projektet var under sekretess. Båda parter, vi och Binar Elektronik AB, har kommit överens om vilka delar som inte skulle vara med i rapporten.

Enligt CES-edupack är automatstål och fjäderstål det vill säga hög och medium kolhaltigt stål, återviningsbar och har energikonsumtion vid primärframställning mellan 25,1 och 28 MJ/kg och CO₂ utsläpet till naturen är mellan 1,72 och 1,9 kg/kg.

Testmodellen tillverkas med hjälp av 3D skrivna detaljer. Eftersom vid 3D skrivna detaljer förekommer det ojämna och kantiga ytor var vi tvungna att jämna ut ytan med hjälp av sandpapper. Detta gjordes även för att detaljerna skulle få en bättre passning och minska friktions inverkan. Men detta leder till att rundheten och passningsmättet inte blir exakt vilket i sin tur påverkar verktygets precision. Men i allmänhet är vi nöjda med verktygets prestanda.

Sensorbalken valdes att tillverkas i aluminium eftersom det var det materialet som fanns tillgängligt samt en tidsfråga då fräsmaskinen som lånades bearbetade aluminium just då och mycket tid skulle gå åt att städa maskinen innan och efter bearbetningen så att man inte kontaminerar spånorna med ett annat främmande material.

Tolerans sattes, i de flesta måtten, ganska snäva. För att minska tillverkningskostnad skulle vissa mått kunna ändras till grövre toleranser. Men detta måste prövas fram vid testning av den verkliga verktyget för att se om precisionen är tillräcklig god.

En annan förbättringsmöjlighet skulle vara att uppgradera förstärkare. Exempelvis en förstärkare med högre förstärkning. Detta skulle kunna förbättra kalibrerings värde väsentligt.

Källförteckning

1. Belove, C. (1986). Handbook of modern electronics and electrical engineering. Editor-in-Chief.
2. FSR Datasheet. Hämtat från (2017-04-11) http://interlinkelectronics.com/datasheets/Datasheet_FSR.pdf
3. Arduino Uno. Hämtat från(2017-04-11) <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>
4. Eriksson och Bo Karlsson(2004), Verkstadhandboken. Liber.
5. Grahm, Jubrink, Lauber (1996), Modern Industriell Mätteknik, Bokförlaget teknikinformation.
6. Johannesson, Persson, Pettersson (2013), Produktutveckling, Liber.
7. Mägi, M och Melkersson, K (2017). Lärobok i maskinelement. EcoDev international AB
8. Lindahl, Sandquist W. (1996). Mätgivare – Mätning av mekaniska storheter och temperatur. Studentlitteratur
9. Utdelade kursmaterial i kursen Givare och Don (2014). Givare, kompendium
10. Dey, Abosh W. (2007). Flödesgivare och tryckgivare – Marknadsundersökning. Examensarbete vid Chalmers Tekniska Högskolan.
11. Öppen källkod (2014). Arduino library to interface the Avia Semiconductor HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weight Scales. Hämtad från (2017-04-10) <https://github.com/bogde/HX711>.

Bildförteckning

Figur 1 Bild hämtad 10 april, 2017 från https://www.kamasatools.com/catalogue/images/9930.jpg?w=136	4
Figur 2. Bild på en föröppnad slangklämma, utan titel]. Hämtad 10 april, 2017 från https://www.wuerth-industrie.com/web/media/pictures/wuerthindustrie/technikportal/Federbandschelle_vorgespanntnt_res_wl2_345.png	5
Figur 3. Illustrerade av Miguel A A Neto.	6
Figur 4. Bild från Mätgivare [8].	8
Figur 5. Illustrerade av Miguel A A Neto.	9
Figur 6. Foto av Miguel A A Neto	11
Figur 7. Foto av Miguel A A Neto	13
Figur 8. Foto av Miguel A A Neto	13
Figur 9. Foto av Miguel A A Neto	14
Figur 10. Illustration från Binar Elektronik ABs katalog.....	15
Figur 11. Illustrerade av Miguel A A Neto	16
Figur 12. Bild hämtad 10 april, 2017 från https://az666937.vo.msecnd.net/32/16dabd59-b436-49ed-9539-45c5682111d3.jpg?maxwidth=700	17
Figur 13. Bild hämtad 10 april, 2017 från https://www.belknaptools.com/hose-clamp-tools-pneumatic-and-manual/	18
Figur 14. Bild hämtad 10 april, 2017 från https://www.belknaptools.com/hose-clamp-tools-pneumatic-and-manual/	18
Figur 15. Bild hämtad 10 april, 2017 från https://www.tooldesk.com/images/previewFile/ast-94091g.JPG	19
Figur 16. Illustrerade av Miguel A A Neto.	19
Figur 17. Illustrerade av Miguel A A Neto.	23
Figur 18. Illustrerade av Miguel A A Neto.	24
Figur 19. Illustrerade av Miguel A A Neto.	25
Figur 20. Illustrerade av Miguel A A Neto.	26
Figur 21. Illustrerade av Miguel A A Neto.	27
Figur 22. Illustrerade av Miguel A A Neto.	28
Figur 23. Illustrerade av Miguel A A Neto.	29
Figur 24. Illustrerade av Miguel A A Neto.	29
Figur 25. Illustrerade av Miguel A A Neto.	30
Figur 26. Illustrerade av Miguel A A Neto	31
Figur 27. Illustrerade av Miguel A A Neto	32
Figur 28. Bild hämtad 10 april, 2017 från https://www.wiberger.se/templates/gn615-2.htm	32
Figur 29. Illustrerade av Miguel A A Neto.	35
Figur 30. Illustrerade av Miguel A A Neto.	36
Figur 31. Illustrerade av Miguel A A Neto	37
Figur 32. Illustrerade av Miguel A A Neto	39

GANTT-schema
Slangklämma verktyg

Projektleddare: Miguel, Esad
 Startdatum: 2017-01-16
 Start projektvecka: 1

Arbetsdagar	Totalt	Kvarvar.
Arbetsstimmar	94	35,25
	720	274,5

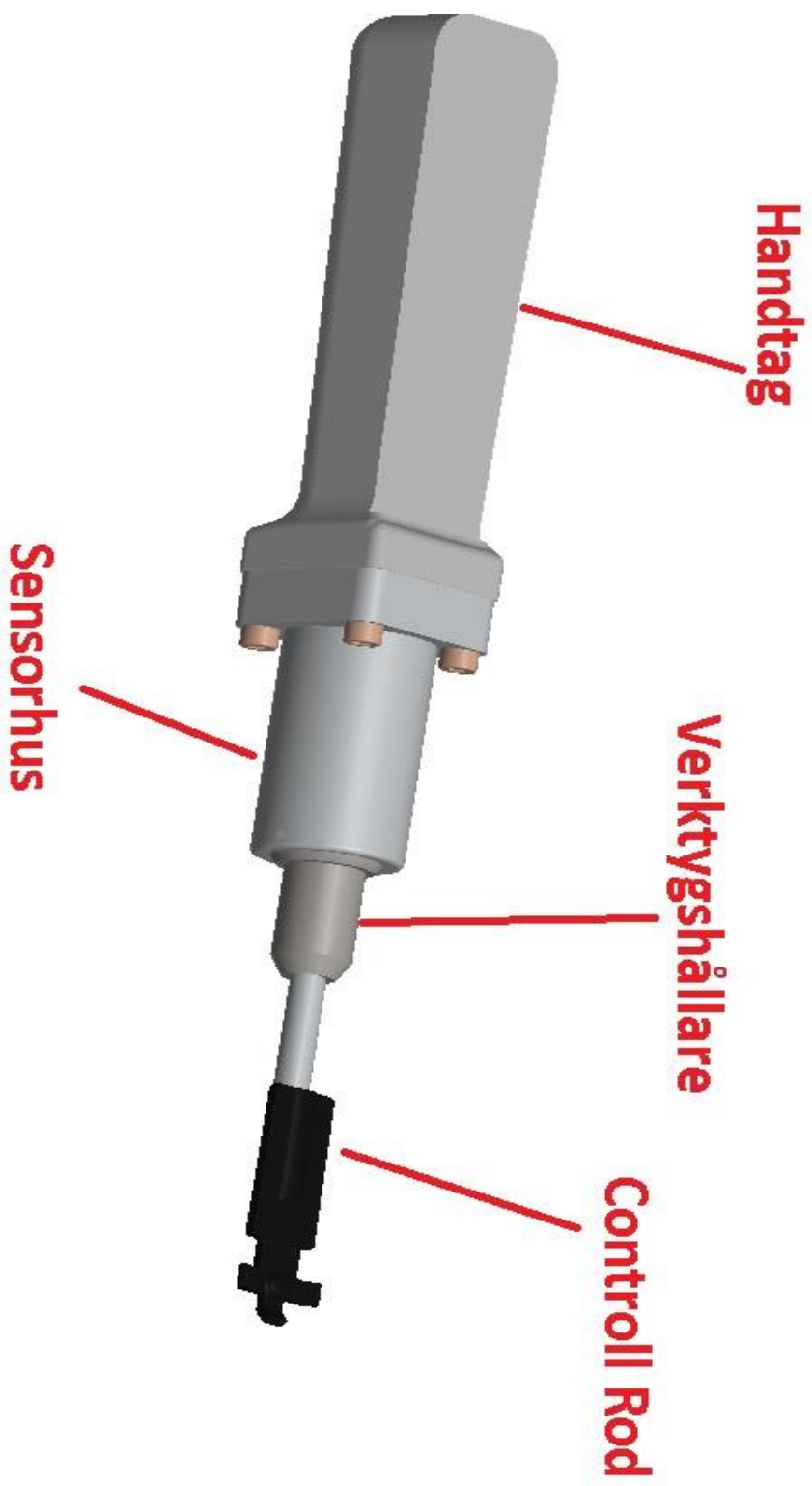
Aktivitet	Ansvarig	WBS Ber.	Startdat.	Slutdat.	Dagar mån-fre	Tim	Färdigst	Aterst dag	tim
Uppstartträff									
Framtagning av kravspecifikation									
Studier och analys av dagens marknadslösningar	Esad, Miguel	1	2017-01-16	2017-01-16	1	8	100,00%	0	0
Studier och analys av dagens lösningar	Esad, Miguel	2	2017-01-17	2017-01-23	5	40	100,00%	0	0
Studier och analys av dagens lösningar	Esad, Miguel	2,1	2017-01-17	2017-01-18	2	16	100,00%	0	0
Studier och analys av dagens lösningar	Esad, Miguel	2,2	2017-01-19	2017-01-20	2	16	100,00%	0	0
Kravspecifikation (preliminärt)	Esad, Miguel	2,3	2017-01-23	2017-01-23	1	8	100,00%	0	0
Platsbesök hos Volvo	Esad, Miguel	2,4	2017-03-03	2017-03-03	1	4	50,00%	0,5	2
Platsbesök hos Volvo	Esad, Miguel	2,5	2017-03-03	2017-03-03	1	4	50,00%	0,5	2
Milställe 1 - Kravspecifikation beslut									
Val av koncept									
Brainstorming	Esad, Miguel	3	2017-01-24	2017-01-26	3	24	100,00%	0	0
Morfologiskmatris och idéanalys	Esad, Miguel	3,1	2017-01-24	2017-01-24	1	8	25,00%	0,8	6
Morfologiskmatris och idéanalys	Esad, Miguel	3,2	2017-01-25	2017-01-26	2	12	100,00%	0	0
Morfologiskmatris och idéanalys	Esad, Miguel	3,3	2017-01-26	2017-01-26	1	4	50,00%	0,5	2
Milställe 2 - Val av koncept - beslut									
Val av sensor									
Studier av sensor	Esad, Miguel	4	2017-01-27	2017-02-03	6	48	100,00%	0	0
Studier av sensor	Esad, Miguel	4,1	2017-01-27	2017-01-31	3	24	25,00%	2,3	18
Studiebesök hos Loadindicator	Esad, Miguel	4,2	2017-01-29	2017-01-29	0	4	25,00%	0	3
Pughsmatris val av sensor	Esad, Miguel	4,3	2017-01-31	2017-02-01	2	16	100,00%	0	0
Pughsmatris val av sensor	Esad, Miguel	4,4	2017-02-01	2017-02-01	1	4	25,00%	0,8	3
Milställe 3 - Val av sensor - Beslut									
Konceptutveckling									
Olika lösningalternativ tas fram och ritas i CAD	Esad, Miguel	5	2017-01-26	2017-02-09	11	88	100,00%	0	0
Olika lösningalternativ tas fram och ritas i CAD	Esad, Miguel	5,1	2017-01-26	2017-02-03	7	56	25,00%	5,3	42
Olika lösningalternativ	Esad, Miguel	5,2	2017-02-06	2017-02-07	2	16	100,00%	0	0
Olika lösningalternativ	Esad, Miguel	6	2017-02-08	2017-02-08	1	10	25,00%	0,8	8
Milställe 4 - Val av konceptlösning - Beslut									
Besök hos Binar för godkännande av prototyp	Esad, Miguel	6,1	2017-02-09	2017-02-09	1	4	100,00%	0	0
Förberedelse inför prototyp tillverkning	Esad, Miguel	6,2	2017-02-10	2017-02-17	6	48	25,00%	4,5	36
Test av töjnings givare	Esad, Miguel	6,3	2017-02-20	2017-02-21	2	16	100,00%	0	0
Tillverkning av prototyp - 3D-modell	Esad, Miguel	6,4	2017-02-22	2017-02-23	2	16	25,00%	1,5	12
Tillverkning av prototyp - 3D-modell	Esad, Miguel	6,5	2017-02-24	2017-02-24	1	8	100,00%	0	0
Placering av sensorer på sensorbalk	Esad, Miguel	6,6	2017-02-27	2017-03-10	10	80	25,00%	7,5	60
Placering av sensorer på sensorbalk	Esad, Miguel	6,6	2017-02-27	2017-03-10	10	80	25,00%	7,5	60
Milställe 5 - Färdigställande av prototypmodellen									
Prototypbeställning	Esad, Miguel	7	2017-03-14	2017-03-17	4	15	100,00%	0	0
Testning av böjmoment	Esad, Miguel	7,1	2017-03-14	2017-03-15	2	10	25,00%	1,5	8
Analys av vridmoment	Esad, Miguel	7,2	2017-03-17	2017-03-17	1	15	100,00%	0	0
Analys av vridmoment	Esad, Miguel	7,3	2017-03-20	2017-03-20	1	10	25,00%	0,8	8
Milställe 6 - Testresultat sammanställning									
Rapportskrivning	Esad, Miguel	7,4	2017-03-21	2017-04-03	10	80	25,00%	7,5	60

Bilagor

Bilaga 1:

Gantt-schema

Bilaga 2:
Bild över verktyget



Bilaga 3:

Pughsmatris val av sensor

Urvalskriterier	Koncept:	Ideal	Töjningsgivare	Kraft-känslig sensor	Piezoelektrisk sensor	Lastceller
Analog signal		0	+	+	+	+
Noggrann		0	0	-	+	+
Storleksanpassad för inkapsling		0	+	-	+	+
Billig		0	+	+	-	-
Mätområde		0	+	+	+	+
Uthållighet		0	+	-	+	+
Applicering		0	0	0	0	0
Summa '+'		0	5	3	4	5
Summa '0'		9	2	1	3	1
Summa '-'		0	0	3	1	1
Netto poäng		0	5	0	3	4
Rank		4	1	4	3	2
Vidareutveckling		Nej	Ja	Nej	Nej	Nej

Bilaga 4:

Kesselringmatris

Framställning		Prestanda		Användarvänlighet	
Värde	Vikt	Värde	Vikt	Värde	Vikt
Mycket Lätt	5	Mycket hög	5	Mycket enkel	5
Lätt	4	Hög	4	Enkel	4
Medel	3	Medel	3	Medel	3
Svår	2	Låg	2	Svår	2
Mycket svår	1	Mycket låg	1	Mycket svår	1

Kostnad	
Värde	Vikt
Mycket billig	5
Billig	4
Medel	3
Dyr	2
Mycket Dyr	1

V = Vikt

T = Total

Urvalskriterier	W	Ideal		Förslag på lösning									
		V	T	1		2		3		4		5	
				V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
Framställning	2	5	10	1	2	5	10	2	4	1	2	5	10
Prestanda	5	5	25	1	5	3	15	3	15	3	15	2	10
Användning	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
Kostnad	4	5	20	3	12	4	16	1	4	1	4	4	16
Total			100		34		56		38		36		51
Rank					5		1		3		4		2
Vidareutveckling				Nej		Ja		Nej		Nej		Nej	

Bilaga 5:

Sensorhus alternativ 2



Måttsätningen visas ej på grund av sekretess.

Bilaga 6:

Intervju med utrustningsingenjör på Volvo Cars.

- 1. Hur många gånger använder du verktyget per motor ? Hur många bilar blir det per dag ?**

Ingen statistik har varit aktuell eftersom antalet slangklämmor varierar beroende på motortyp och utrustningen som kunden har beställt (allt ifrån 1 till 10 slangklämmor per motor).

- 2. Vad tycker du är bra med det här verktyget ?**

Den har minskat antalet felaktiga monteringar där verktyget har införts. De som arbetar med kvalitet har varit glada med resultatet och kvalitetsavdelningen vill att verktyget införs på flera montagebanor.

- 3. Är verktyget lättarbetat?**

Verktyget är något klumpigare än en vanlig "release" verktyg. Montörerna har varit med i utformningsprocessen av verktyget. Verktyget känns allt mer accepterad bland montörer.

- 4. Finns det något du tycker kan bli bättre med verktyget?**

Vi har som önskemål att öka verktygets känslighet. Den kraft som behövs för att bryta svetspunkten varierar ju med storleken på slangklämman.

- 5. Hur känns vikten på verktyget(massa) ?**

Verktyget skulle kunna bli lättare. Men det är ingen som har uttryckt sig missnöjde med vikten.

- 6. Vad tycker du om verktygets räckvidd ?**

I 90% av fallen använder vi den kortare varianten (Control Rod). Eftersom slangarna kommer från leverantören med förmonterade slangklämma/or och redan i det stadiet har man tänkt på räckvidd. Montörerna är nöjda med verktygets räckvidd.

- 7. Hur ofta utförs service på verktyget ?**

Det finns inget bestämt serviceintervall. Batteribytet förs löpande under arbetsgång. De fall service behövs så är det på grund av att det har hänt en olycka eller så har verktyget hanterats oförsiktigt.

8. Finns det några svaga punkter?

Skruven med brickan lossnar efter ett tag. Vi brukar limma fast den med loctite. Men detta är inte optimalt eftersom man vill kunna skruva loss skruven vid reparationsbehov.

9. Vilka funktioner hade du velat se? Några åsikter/önskemål angående förbättringar?

Vi är nöjda med verktyget men den kunde varit något känsligare. Ibland så händer det att verktyget inte registrera då en slangklämma öppnades.

Bilaga 7:

Datablad – Fjäderstål



Fjäderstål 51CrV4

BETECKNINGAR

Svensk standard	SS 2230
ASTM / ASME standard	
Likvärdig kvalitet	
W.stoff nr	1.8159

APPLIKATION

51CrV4 är ett låglegerat stål som används i seghärdad tillstånd. Detta stål kan också induktionshärddas, eller nitrerhärddas. Det används för detaljer som kräver ganska hög hårdhet samt styrka och seghet. Typiska användningsområden är axlar, vevstakar, växlar, kolvstänger. Kan härddas hårdare än Ck75.

SAMMANSÄTTNING

C	0,47 - 0,55
Cr	0,90 - 1,20
Mn	0,70 - 1,1
P	max. 0,025
S	max. 0,025
Si	max. 0,40
V	0,10 - 0,25
Fe	rest.

Hämtad 10 april, 2017 från <http://livallco.webbutveckling.org/wp-content/uploads/2014/09/51CrV41.pdf>

Bilaga 8:

CES edupack - Material kriterier

- CES EduPack 2016 - [Stage 1: Density, Price, Fatigue strength at 10⁷ cycles, Fracture toughness]

File Edit View Select Tools Window Feature Request Help

Home Browse Search Chart/Select Eco Audit Synthesizer Tools Settings Help

Selection Project

1. Selection Data
Database: Level 2 Change...

Select from: MaterialUniverse: Edu Level 2 with durability properties

2. Selection Stages
Chart Limit Tree

Stage 1: Density, Price, Fatigue strength at 10⁷ cycles, Fracture toughness

3. Results: 3 of 100 pass
Show: Pass all Stages
Rank by: Alphabetical

- Name
- High carbon steel
- Low alloy steel
- Medium carbon steel

Density, Price, Fatigue strength at 10⁷ cycles, Fracture toughness

Properties Apply Clear

Click on the headings to show/hide selection criteria

▼ General properties

	Minimum	Maximum	
Density	<input type="text" value="1500"/>	<input type="text" value="19600"/>	kg/m ³
Price	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="10"/>	SEK/kg
Date first used	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

▼ Mechanical properties

	Minimum	Maximum	
Young's modulus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Shear modulus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Bulk modulus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Poisson's ratio	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Yield strength (elastic limit)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Tensile strength	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Compressive strength	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Elongation	<input type="text"/>	<input type="text"/>	% strain
Hardness - Vickers	<input type="text"/>	<input type="text"/>	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	<input type="text" value="317"/>	<input type="text" value="400"/>	MPa
Fracture toughness	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="200"/>	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

► Thermal properties

► Electrical properties

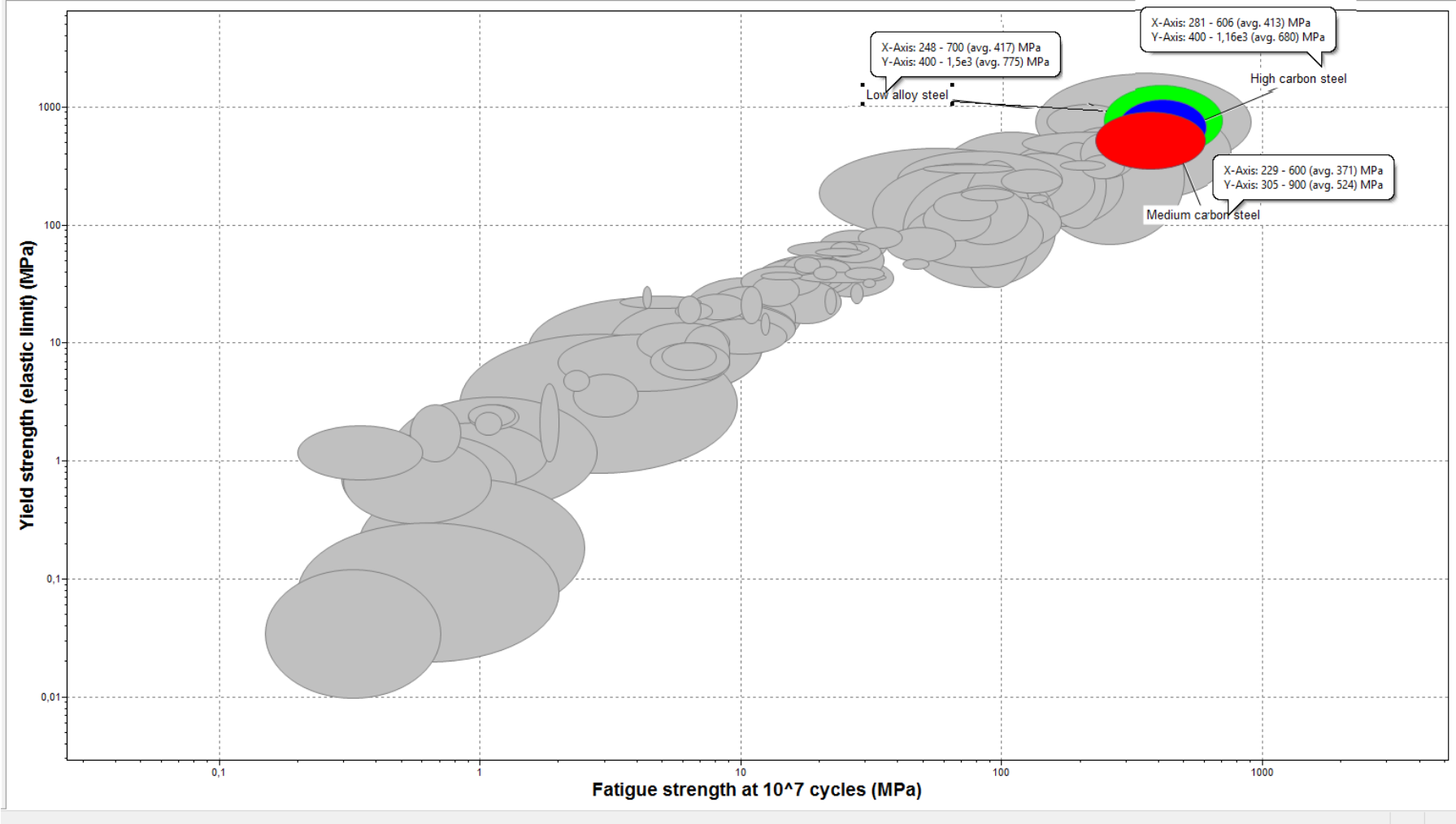
► Optical properties

► Processability

► Eco properties

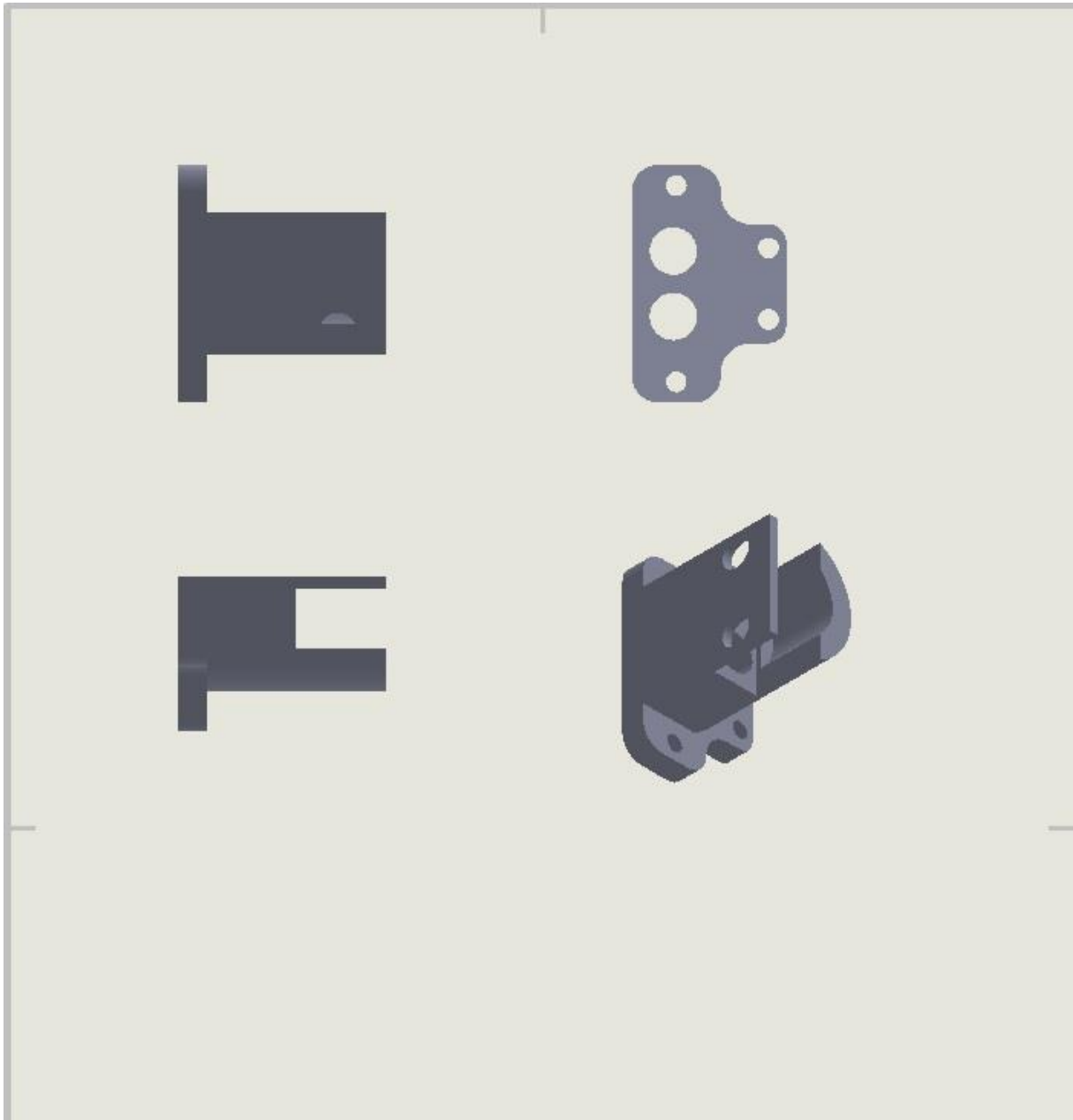
Bilaga 9:

Brottgräns-utmattningsgraf



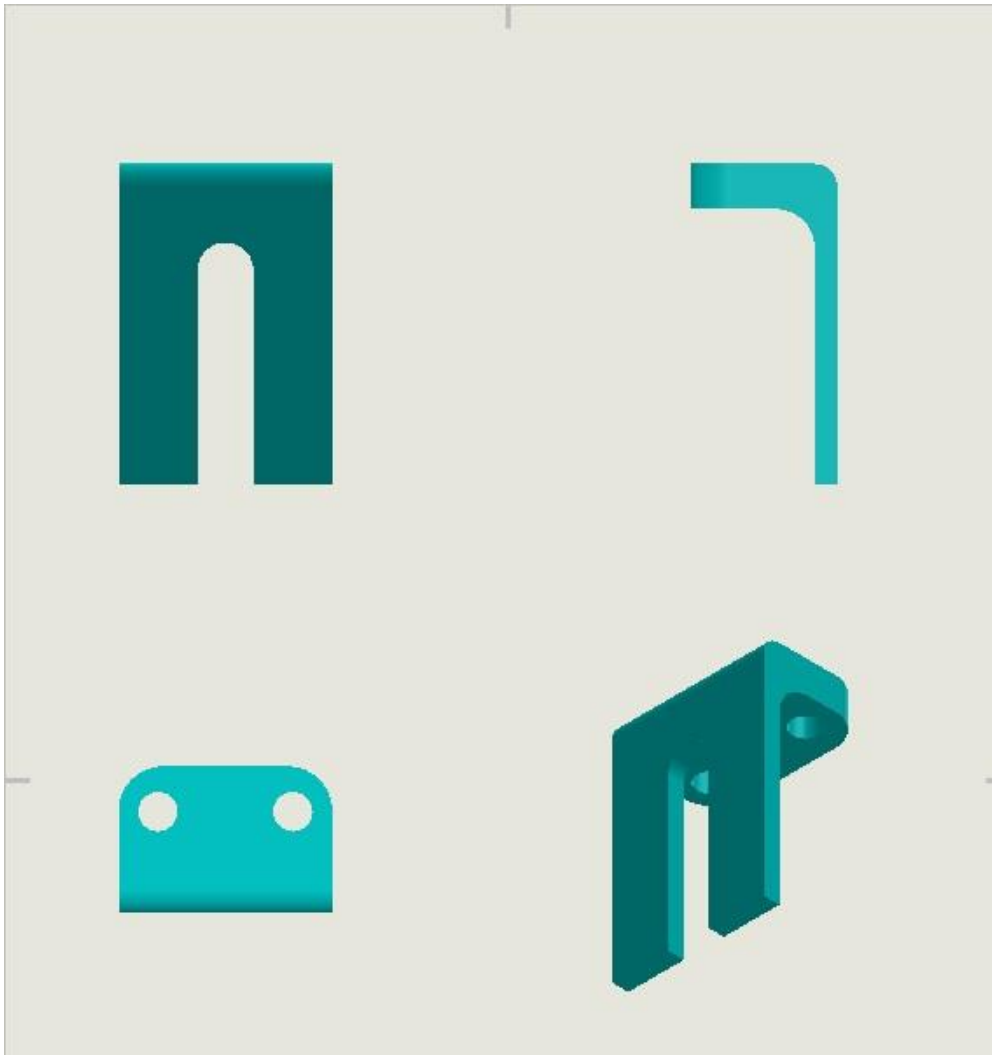
Bilaga 10:

Fjäderhållare



Måttsätningen visas ej på grund av sekretess.

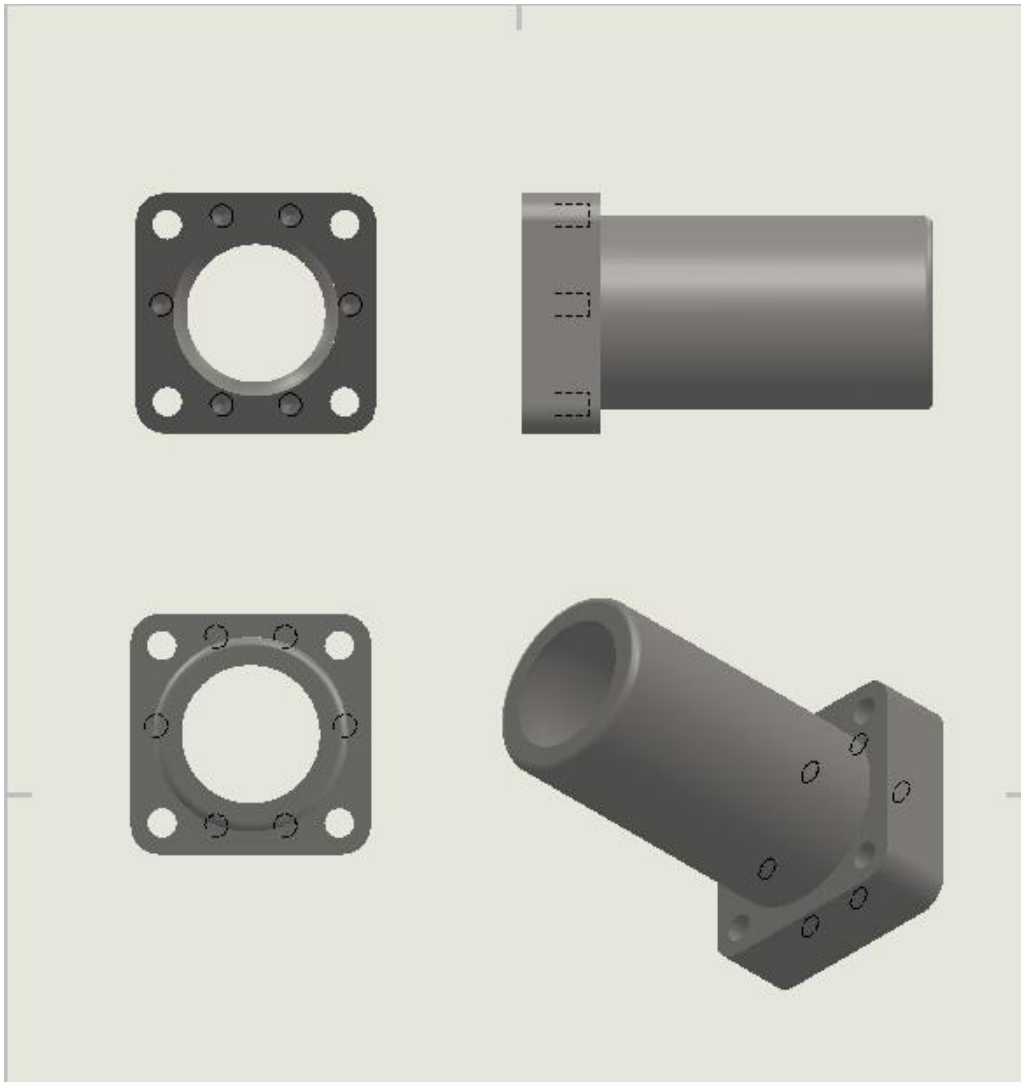
Bilaga 11:
Sensorbalken



Måttsätningen visas ej på grund av sekretess.

Bilaga 12:

Sensorhus alternativ 1



Måttsätningen visas ej på grund av sekretess.

Bilaga 13:

Verktgshållare alternativ 1



Måtsätningen visas ej på grund av sekretess.

Bilaga 14:

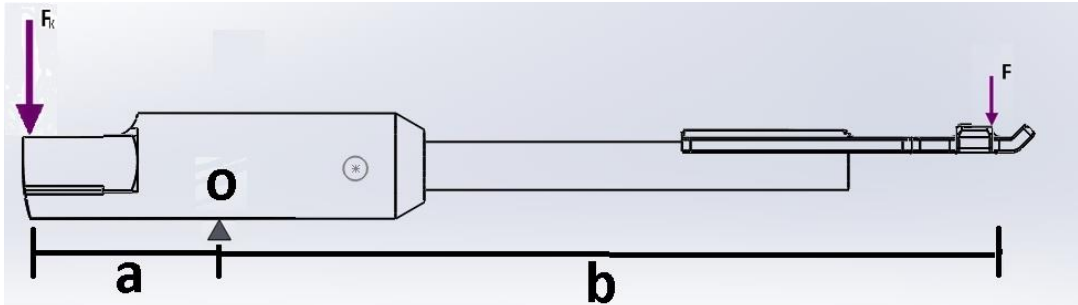
Ritningsunderlag för verktygshållare alternativ 2.



Måttsätningen visas ej på grund av sekretess.

Bilaga 15:

Beräkningar Sensorbalken vid vinkelrät kraft



Beräkningsfigur 1. Bild över moment jämvikt. Illustrerade av Miguel A A Neto.

I figuren ovan är $a = 33$ [mm] och $b = 128.6$ [mm]. Kraften F är 12 [Newton].

Friktionskraft försummas.

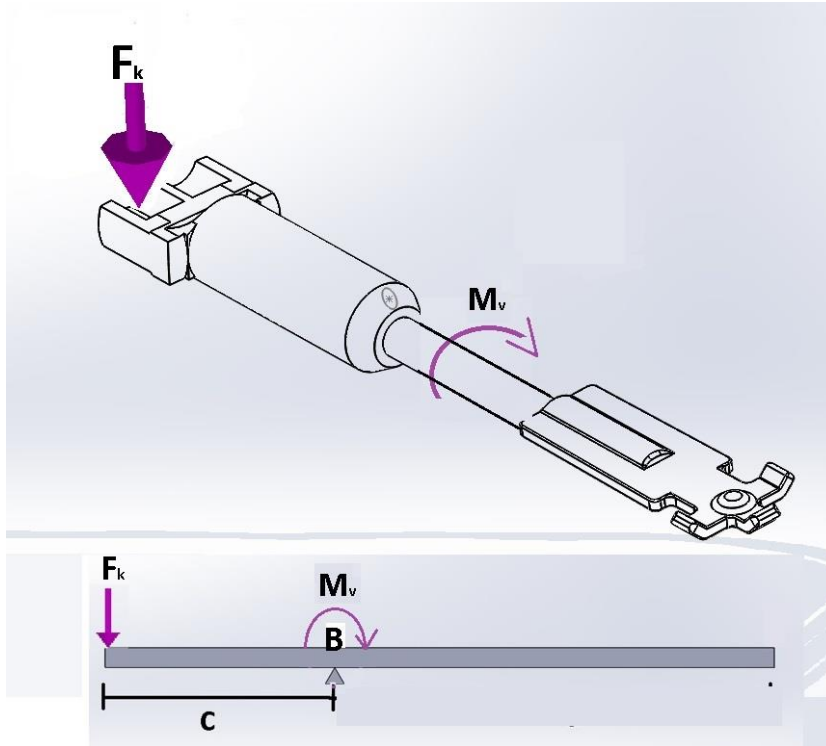
Momentjämvikt runt O: (positiv riktning medurs)

$$\sum M_o = 0 \rightarrow - F_k \times 33 + F \times 128.6 = 0 \rightarrow F_k = (128,6 \times 12) / 33 = 46.8 \text{ [Newton]}$$

Denna kraft fördelas lika på båda kulor. Det vill säga 23.4 [Newton] på varje kula.

Bilaga 16:

Beräkningar sensorbalken momentjämvikt.



Beräkningsfigur 2. Verkyget då den används i vridning. Illustrerade av Miguel A A Neto.

Då verkyget används i vridningen gäller det följande:

Momentet skall ligga mellan 0.3 [Newtonmeter] till 0.4[Newtonmeter].

Beräkningen utförs för största momentet: $M_v = 0.4$ [Newtonmeter]

Och där $c = 5.75$ [mm]

I figuren ovan är $c = 5.75$ [mm] och $M_v = 0.4$ [Newtonmeter].

Momentjämvikt runt B: (positiv riktning medurs)

$$\sum M_a = 0 \rightarrow -F_k \times 5,75 \times 10^{-3} + M_v = 0 \rightarrow -F_k \times 5,75 * 10^{-3} + 0,4 = 0 \rightarrow F_k = 0,4 / (5,75 \times 10^{-3}) = 69,6 \text{ [Newton]}$$

Bilaga 17:

Programkod för testrigg

```
#include <HX711.h>          // Förstärkare bibliotek

// Skapa en klass för varje sensor
HX711 sensor1;
HX711 sensor2;

void setup() {

  Serial.begin(9600);      // Starta seriell kopplingen vid 9600
                          // bitar per sekund

  sensor1.begin(A3,A2);    // Sensor 1 kopplingen
                          // Hx711.DAT pin (ben) A3 i arduino är för Data
                          // Hx711.CLK pin (ben) A2 i arduino är för Klocka
                          // med förstärkning på 128 gånger (som standard)

  sensor1.set_scale(1659.57002); // uppdatera sensor 1 med ett
                          // nollställningsvärde

  sensor1.tare();         // sätter nya nollan efter
                          // nollställningsvärde

  sensor2.begin(A1,A0);   // Sensor 2 kopplingen
                          // Hx711.DAT pin (ben) A1 i arduino är för data
```

```

// Hx711.CLK pin (ben) A0 i arduino är för klocka
// med förstärkning på 128 gånger (som standard)

sensor2.set_scale(1927.22288); // Uppdatera sensor 2 med ett
// nollställningsvärde
sensor2.tare(); // sätter nya nollan efter
// nollställningsvärde
}

void loop() {
// Skriver ut genomsnitt av fem läsningar
// och presenterar resultatet i form av
// vikt i kilogram.
Serial.println(sensor1.get_units(5)/1000);
Serial.println(sensor2.get_units(5)/1000);
delay(250); // En tvåhundra femtio mikrosekunds fördröjning
// för att underlätta läsbarhet.
}

```

Bilaga 18:

Testtrigg elschema

