

Kartläggning för fastsättning av Mirka AIROS vid robotslipning

Carl-Axel Hult

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2022

EXAMENSARBETE

Författare: Carl-Axel Hult

Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa

Inriktning: Maskinkonstruktion

Handledare: Tobias Ekfors (Novia), Tomas Sjöberg (Mirka Ab)

Titel: Kartläggning för fastsättning av Mirka AIROS vid robotslipning

Datum: 5.4.2022

Sidantal: 30

Bilagor: 21

Abstrakt

Detta examensarbete utfördes på uppdrag av Mirka Ab. Examensarbetet gick ut på att kartlägga fastsättning av Mirka AIROS slipmaskiner vid olika robot tillverkares robotar som lämpar sig för slipning. Slipning med robot ökar inom industrier och till olika applikationer krävs olika adapterar för att Mirka AIROS ska vara kompatibel. På grund av den ökande trenden är en kartläggning aktuell. Kartläggningen för applikation av Mirka AIROS skulle underlätta för Mirka samt för kunder då färdiga lösningar kan erbjudas.

Kartläggningen gick ut på att undersöka vilka robot- och samarbetsrobot tillverkare som är störst inom slipning samt vilka robotar som lämpar sig för slipapplikationer. Efter detta skulle de olika fastsättningsmetoderna hos olika robotar kartläggas och adapterar som behövs för fastsättning av Mirka AIROS tas fram. Vissa applikationer kräver kraftsensorer mellan roboten och slipmaskinen för att noggrannare kontrollera slipprocessen. Även kraftsensorer lämpade för slipning skulle tas med i kartläggningen. Då det var klarlagt vilka adapterar som behövdes ritades 3D-modeller av adapterarna upp i Solidworks och ritningar lagades av varje adapter.

Språk: svenska

Nyckelord: robot, slipning, adapter, Mirka AIROS, samarbetsrobot

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Carl-Axel Hult

Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu

Ohjaajat: Tobias Ekfors (Novia), Tomas Sjöberg (Mirka Ab)

Nimike: Kartoitus Mirka AIROS-kiinnityksestä robottihionnassa

Päivämäärä: 5.4.2022

Sivumäärä: 30

Liitteet: 21

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty Mirka Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön tehtävä oli tehdä kartoitus Mirka AIROS-hiomakoneen kiinnityksestä eri robottivalmistajien robotteihin, jotka sopivat hiomakäyttöön. Robottihiominen lisääntyy teollisuudessa ja erilaiset sovellukset vaativat erilaisia adaptereita, jotta ne sopivat Mirka AIROS-hiomakoneen kanssa. Koska robottihionta on nouseva trendi, kartoitus on ajankohtainen. Kartoitus auttaa sekä Mirkaa että asiakkaita, kun Mirka voi tarjota valmiit ratkaisut.

Kartoituksen tavoite oli tutkia mitkä ovat isoimmat robotin- ja yhteistyörobotin valmistajat hiomismarkkinoilla ja mitkä robotit sopivat hiomissovellukseen. Sen jälkeen erilaisten robottien työkalujen kiinnitystavat kartoitettiin ja adapterit, joita tarvitaan kehitettiin. Jotkut hiomissovellukset tarvitsevat voimatunnistimen robotin ja hiointakoneen väliin, jotta hiointaprosessia voidaan hallita paremmin. Hiontaan sopivat voimatunnistimet otettiin myös mukaan kartoitukseen. Kun oli selvitetty mitkä adapterit tarvitaan, piirettiin 3D-mallit Solidworksilla ja tehtiin joka adapterista piirustukset.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: robotti, hionta, adapteri, Mirka AIROS, yhteistyörobotti

BACHELOR'S THESIS

Author: Carl-Axel Hult

Degree Programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Machine construction

Supervisor(s): Tobias Ekfors (Novia), Tomas Sjöberg (Mirka Ab)

Title: Mapping for attachment of Mirka AIROS for robot grinding

Date: 5.4.2022

Number of pages: 30

Appendices: 21

Abstract

This Bachelor's thesis is done for Mirka Ltd. The task was to do a mapping of attaching Mirka AIROS grinding machines to different robot manufacturers' robots that are suitable for grinding. Industrial robotic grinding is increasing and different applications demand different adapters for Mirka AIROS compatibility. Because of the increased use of grinding robots mapping is needed. This would make it easier for Mirka and their customers when ready solutions could be offered.

The mappings task was carried out to research what robot and collaborative robot manufacturers are key market players and which of their robots are suitable for grinding. After this, different attachment methods for the different robots were mapped and adapters needed for applications of Mirka AIROS were decided. Some applications require a force sensor between the grinding machine and the robot to control the grinding process more precisely. Also, force sensors suitable for grinding were added to the mapping. When the adapters needed were decided, 3D models of the adapters were made in Solidworks as well as drawings of each adapter.

Language: Swedish

Key words: robot, grinding, adapter, Mirka AIROS, collaborative robot

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Mål	1
1.4	Avgränsning	2
1.5	Företagsbeskrivning	2
1.6	Disposition	3
2	Teori	4
2.1	Vad är en robot?	4
2.2	Industrirobotar	5
2.3	Industrirobotens komponenter	6
2.3.1	Manipulator	6
2.3.2	Styrsystem	7
2.3.3	Program	7
2.3.4	Arbetsdon	8
2.3.5	Sensorer	8
2.3.6	Övrig utrustning	9
2.4	Samarbetsrobot	9
2.5	Kraftsensorer	11
2.5.1	Aktiv kontaktfläns	12
2.6	Slipning med robotar	13
2.7	ISO standard för fastsättning av arbetsdon	13
2.8	Mirka AIROS	14
2.9	Robotars globala marknad och framtid	15
2.10	CAD, Solidworks	16
3	Tillvägagångssätt	17
4	Resultat	18
4.1	Relevanta robottillverkare inom slipning	18
4.2	Robotar och samarbetsrobotar lämpade för slipning	19
4.3	Kraftsensorer och aktiva kontaktflänsar lämpade för slipning	20
4.4	Adaptrar som krävs för applikation av Mirka AIROS	21

4.5	Ritning av adaptrar	23
4.6	Resultatdiskussion	26
5	Diskussion	28
6	Källförteckning.....	29
Bilagor		

1 Inledning

Detta examensarbets uppdragsgivare var Mirka Ab. Arbetet gjordes som examensarbete för ingenjörsutbildning inom maskin- och produktionsteknik med maskinkonstruktion som inriktning. Arbetet inleddes vintern 2021 och slutfördes våren 2022.

1.1 Bakgrund

Användning av robotar för slipning har blivit vanligare och Mirkas AIROS serien, en serie sliphuvuden som är tillverkade för robotslipning behöver kartläggning för fastsättning med olika robottillverkares robotar. Denna kartläggning skulle underlätta för Mirka och för kunder då man har kartlagt adaptrar för olika applikationer och kan erbjuda färdiga lösningar. Fastsättning av de mest använda kraftsensorer i robotar och Mirka AIROS ska också kartläggas då kraftsensorer behövs i vissa slipapplikationer.

1.2 Syfte

Huvudsyftet var att klargöra fastsättningen för Mirka AIROS sliphuvuden i olika robotar och kraftsensorer. Det vill säga vad robotar och kraftsensorer har för fastsättningsbultmönster samt vilka adaptrar som krävs. Till syftet hörde även att ta reda på vilka de största robot- och samarbetsrobottillverkarna är och vilka av deras robotar som används inom slipning och vilka kraftsensorer som används.

1.3 Mål

Målet med detta examensarbete var att kartlägga de olika adaptrar som krävs för fastsättning av Mirka AIROS i olika robotar, samarbetsrobotar och kraftsensorer. Resultatet av arbetet förväntades vara en kartläggning som resulterar i att man snabbt kan ta reda på vad det krävs för adaptrar till olika robotapplikationer. Det skulle underlätta om man kunde erbjuda färdiga lösningar för slipapplikationer med de vanligaste robot- och samarbetsrobottillverkarnas robotar.

1.4 Avgränsning

Examensarbetet bestod av att göra en kartläggning för fastsättning av Mirka AIROS. Kartläggningen avgränsades till att ta reda på vilka de fem största robot- och samarbetsrobottillverkarna är inom slipning samt vilka av deras robotar som är lämpliga för slipapplikationer och vad de har för arbetsdonsfastsättning. Även kraftsensorer som lämpar sig för slipapplikationer ska undersökas och tas med i kartläggningen. Efter de tidigare skedena av kartläggningen skulle adaptrar som krävs för fastsättning av Mirka AIROS slipmaskiner bestämmas och därefter skulle 3D-modeller ritas upp i Solidworks samt ritningar skulle ritas.

1.5 Företagsbeskrivning

Mirka grundades 1943 i Helsingfors av ingenjören Onni Aulo och produktionen startade 1946 då kriget var över. År 1962 flyttades produktionen till Jeppo och 1966 köptes Mirka av Oy Keppo Ab och 1973 slogs företagen ihop. År 1984 köpte Oy Keppo Ab hälften av aktierna i Oy Wiik & Höglund Ab och KWH-koncernen bildades. (Mirka, 2022a).

Mirka hör än idag till KWH-koncernen och är ett internationellt företag. Mirkas huvudkontor, forsknings- och utvecklingsavdelning och en del av produktionen finns i Jeppo. Baksidematerial till nätprodukter tillverkas i Karis, slip och poleringsmaskiner tillverkas i Jakobstad och i Oravais finns det produktion samt lager för export. (Mirka, 2022a).



Figur 1. Mirkas logo. (Mirka, 2022a).

Till produkter som Mirka tillverkar hör sandpapper, polermedel, slip och poleringsmaskiner. Mirka är känt för sina produkter som man kan använda för att uppnå dammfri ytbehandling. Företaget är de första som lyckats utveckla en metod för dammfri slipning som uppfyller målet att slipa utan damm. (Mirka, 2022a).

Mirka är ett globalt växande företag och har 18 dotterbolag runt om i världen. Över 97 % av produkterna som säljs exporteras. De senaste två åren har omsättningen varit nära 300 miljoner. Företagets motto är "Dedicated to the Finish", vilket visar att Mirka ställer höga krav på sig själv, produkten och omgivningen och strävar efter en ständig utveckling. (Mirka, 2022a).

1.6 Disposition

Här presenteras vad de olika kapitlen i examensarbetet innehåller:

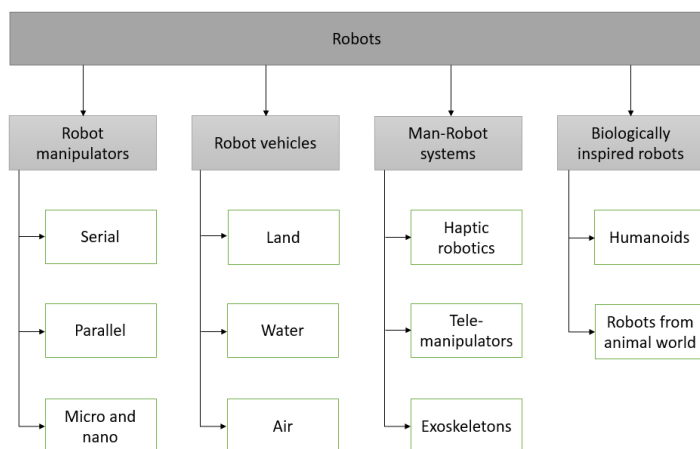
1. Inledning. Här presenteras examensarbetet och företaget som arbetet görs åt.
2. Teori. Här presenteras den teoretiska delen av arbetet. Delen består av teori och kunskap om ämnena som behandlas och lägger en grund för examensarbetet.
3. Metodik. Här berättas det om hur man gått till väga för att slutföra examensarbetet och vilka medel man använt sig av.
4. Resultat. Innehåller resultatet man kommit fram till i detta examensarbete. Resultaten diskuteras också här.
5. Diskussion. Här diskuteras hela uppgiften, tillförlitligheten och metoder ser man närmare på. Även egna synpunkter på arbetet diskuteras.

2 Teori

Teoridelen består av de områden som är relevanta i examensarbetet. Teorin består av allmän info om robotar och mer fördjupat om industrirobotar och samarbetsrobotar. Teorin går även in på slipning med robotar, Mirkas AIROS sliphuvudserie, kraftsensorer, ISO 9409–1 standarden, den globala robotmarknaden och om CAD-program.

2.1 Vad är en robot?

Robotik kan beskrivas som vetenskap för intelligenta och automatiserade rörelser hos olika typer av robotar. Robotar programmeras elektroniskt för att utföra olika fysiska uppgifter. De olika robottyperna är robotmanipulatorer, robotfordon, man-robotsystem och biologiskt inspirerade robotar. Dessa olika robottyper är indelade i olika grupper och har sina specifika användningsområden vilket syns på klassificeringen nedan. (Mihelj, o.a., 2019).



Figur 2. Klassifikation av robotar. (Mihelj, o.a., 2019).

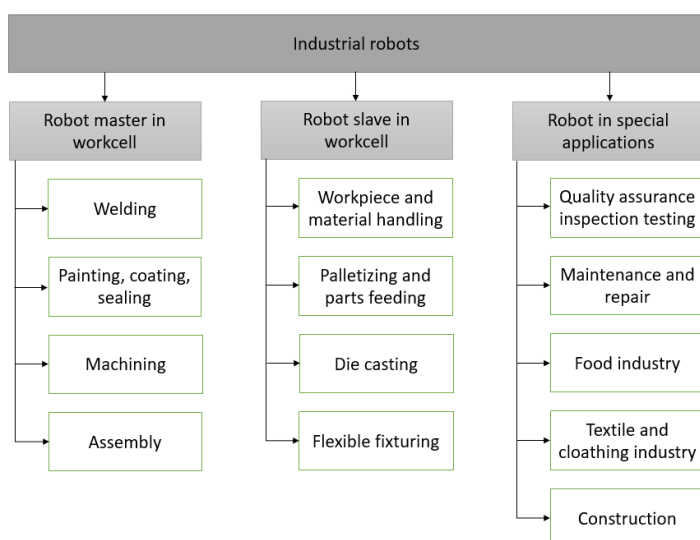
I detta examensarbete är det industrirobotar som är aktuella och det går närmare in på denna robottyp här i teoridelen. Industrirobotar hör till gruppen robotmanipulatorer.

2.2 Industrirobotar

En industrirobot är en mekanisk maskin programmerad för att utföra olika uppgifter i olika industrier. Industrirobotars användningsområde är brett. Industrirobotar har blivit allt vanligare då de ökar produktiviteten, levererar hög och jämn kvalitet och minskar kostnader. Exempel på vad industrirobotar kan användas till är svetsning, slipning och montering. (Robots done right, 2022a).

Enligt ISO standard är industrirobotar och manipulatorer definierade som: "Industrirobot eller robot är en automatiskt styrd, omprogrammerbar universell manipulator, som är programmerbar i minst tre axlar och som kan antingen vara fast monterad eller mobil för användning i industriell automatisering". (Bolmsjö, 2006).

Mångsidigheten är industrirobotens viktigaste egenskap. Robotarna är universella, omprogrammerbara och automatiskt styrda. Att roboten är universell betyder att den har ett brett användningsområde till skillnad från en specialrobot med ett specifikt användningssyfte. Industriroboten ska vara programmerbar i minst tre frihetsgrader men det är sällan en robot har under fyra programmerbara axlar. Verktyg och gripdon räknas inte till dessa axlar. En robot ska kunna flytta ett föremål i x, y och z plan och rotera föremålet som sitter i gripdonet. (Bolmsjö, 2006).

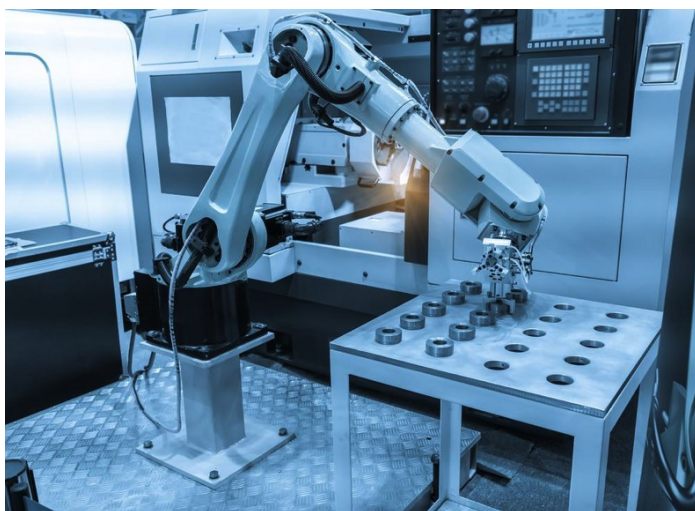


Figur 3. Klassificering av industrirobotar. (Mihelj, o.a., 2019).

Industrirobotar kan delas upp i tre olika klasser, se föregående sida figur 3. Den första klassen är robotmästare som gör huvuduppgiften såsom svetsning och montering. Andra klassen robotslav är till för att understöda robotmastern. Exempel på detta är att vid limning av en vindruta på en bil applicerar robotmastern lim och robotslaven lyfter vindrutan på plats. Den sista klassen robotar är för speciella applikationer. Dessa robotar kan till exempel mäta ström och resistans vid installation av elkomponenter, kan ha speciella krav för att få handskas med livsmedel eller vara anpassade för att handskas med textilier som är mjuka och svårhanterliga. (Mihelj, o.a., 2019).

2.3 Industrirobotens komponenter

Ett industrirobotsystem består av manipulator, styrsystem, program, arbetsdon, sensorer och i vissa fall övrig utrustning för att vara fullt fungerande och kunna utföra varierande uppgifter. Nedan på bild är en industrirobot vid sin arbetsstation.



Figur 4. En industrirobot vid sin arbetsstation. (Industry today, 2020).

2.3.1 Manipulator

Definition för manipulator är: "Manipulator är en maskin vars mekaniska uppbyggnad normalt består av en serie segment som sammanfogats genom led- eller glidrörelse relativt varandra med uppgift att gripa och/eller förflytta objekt (detaljer eller verktyg) vanligen i flera frihetsgrader" (Bolmsjö, 2006).

Manipulator kallas även för robot. Manipulatorer är omprogrammerbara och mångsidiga och kan utföra många olika uppgifter såsom att flytta föremål. Manipulatorn är uppbyggd av olika segment och varje segment rör sig med hjälp av en motor. De har olika mängder segment och för varje segment roboten har så har den en axel att röra sig runt. Vanligast för industrirobotar är fyra till sex axlar. Manipulatorer består av arm och handled. Armens uppgift är att göra rörelser inom arbetsområdet, till exempel förflytta en sak från en arbetsstation till en annan medan handledens uppgifter är finare rörelser som att plocka upp biten vid arbetsstationen då armen förflyttat sig dit. Armen är monterad på en fot med en vridskiva som oftast är fixerad. (Robots done right, 2022b).

2.3.2 Styrsystem

Styrsystemets funktion är att styra hur roboten arbetar. Styrsystemets viktigaste uppgift är att styra robotens rörelser och se till att rörelserna utförs enligt programmet. Systemet bidrar även till operationer i applikationsprogram, informationsväxling med givare samt datorer och understöd av robotens programmering. (Bolmsjö, 2006).

De fysiska delar styrsystemet är uppbyggt av är ett styrskåp med kylningsfunktion för att hålla elektronikens temperatur på en nivå så elektroniken fungerar i dammiga, fuktiga och temperaturpåverkade förhållanden. Det kan också krävas avskärmningar mot olika miljöfaktorer som elektriska störningar vid TIG svetsning. (Bolmsjö, 2006).

Styrsystemet består av moduler som hanterar styrningen av roboten med en styrdator. Systemet består också av en styrdator för operatörskommunikation och I/O hantering för att kommunicera med sensorer, ethernet och maskinsystem. Vid slipning där en kraftsensor används kommunicerar styrsystemet och sänder signaler från sensor till styrdatorn så data kan avläsas och användas för att optimera slipprocessen. (Bolmsjö, 2006).

2.3.3 Program

För att roboten ska kunna göra de önskade rörelserna behövs ett program. Robotens rörelser kan bestämmas på förhand och roboten reagerar olika på olika signaler och givare berättar för styrsystemet vad som ska göras. Med hjälp av styrsystemet sänder

programmet signalerar till roboten som resulterar i rörelser. Det vanligaste sättet att programmera en robot är att med en fjärrkontroll köra roboten till en plats och positionen sparas. Hastighet för rörelser ställs in och vid bestämda platser skapas funktionskommandon till exempel svetsning vid en viss plats. (Aalto universitet, 2021).

En funktion som är relevant vid slipning är Softmove som är ett program som gör så roboten är kraftkänslig eller flytande i x, y eller z led. Roboten uppför sig normalt i de andra leden. Det sänker robotens styvhet i en riktning och roboten följer föremålets yta vilket är till nytta då avvikelser i föremålet kan förekomma. Kraften som appliceras på föremålet kontrolleras. Denna funktion kan vara till en fördel då den reducerar programmeringstid och gör robotens arbetscykler mer effektiva. Softmove är en produkt från ABB men andra robottillverkare har också motsvarande program för att uppnå samma funktion. (ABB, 2022).

2.3.4 Arbetsdon

Arbetsdon är ett verktyg som monteras på manipulatorns handled. Det finns olika arbetsdon för olika användningsområden, de kan vara uppbyggda av olika leder för att utföra olika rörelser men också vara specialbyggda för ett visst ändamål. Arbetsdonen delas in i tre grupper, gripdon, verktygsväxlare och processverktyg. Gripdon är lämpade för materialhantering och montering. Gripdonen kan fungera med mekaniska fingrar men även vakuum och magnetism. Verktygsväxlare är en dockningsmekanism som bidrar till automatiskt byte av verktyg. Detta utnyttjas då man vill använda roboten till flera arbetsoperationer som kräver olika verktyg. Processverktyg som arbetsdon innebär att roboten utför arbetsuppgifter såsom slipning och svetsning med ett verktyg monterat på robotens handled. (Bolmsjö, 2006).

2.3.5 Sensorer

Sensorer används i robotapplikationer för att kontrollera olika funktioner och avläsa slumpartade och oväntade störningar och händelser i processen. Sensorer bidrar till att minimera tid för felsökning och minskar risken för allvarliga haverier. Roboten har förmåga att reagera på information från olika sensorer, detta leder till direkta handgrepp eller

ändringar i arbetsgången som anpassas till hur processen fortlöper och hur resultatet blir. (Bolmsjö, 2006)

De vanligaste sensorerna hos industrirobotar är närhetssensorer. Dessa sensorers uppgift är att känna av då ett objekt kommer i sensorns avläsningsområde. Sensormodellen kan vara induktiv, kapacitiv, optisk, akustisk eller magnetisk. Sensortypen beror på vad de ska känna av för material och i vilken applikation sensorn används. Förutom dessa binära sensorer används också analoga sensorer för mätning av bland annat avstånd, krafter och lägen. (Bolmsjö, 2006).

2.3.6 Övrig utrustning

I vissa applikationer kan annan utrustning som t.ex. matarutrustning och transportband behövas för att industriroboten ska fungera smidigt. Manipulatorn kan även monteras på skenor om det krävs att roboten måste förflytta sig själv eller arbetsstycken längre än räckvidden. (Mihelj, o.a., 2019).

Säkerhetsutrustning behövs också för att säkerställa att det inte finns risk att någon människa blir skadad under robotens arbetsprocess. De vanligaste säkerhetsåtgärderna är säkerhetsbarriärer eller staket och olika typer av sensorer som märker närvaro såsom tryckkänsliga mattor på golvet, ljusgardiner och olika kapacitiva, ultraljuds eller infraröda givare. Varningssignaler såsom lampor och ljud kan också användas för att öka säkerheten hos en robotcell. Då avvikelser märks i robotens arbetsprocess meddelas operatören och situationen kan undersökas vidare. Det är också viktigt att personalen som arbetar med robotar är skolade i användning av robotar. (Mihelj, o.a., 2019).

2.4 Samarbetsrobot

Samarbetsrobot översatt till engelska är collaborative robot som kan förkortas till cobot vilket är det namn som denna robotklass ofta går under. Samarbetsrobotar är anpassade för att arbeta med människor, de är inte som en robot i en robotcell som arbetar självständigt utan människokontakt. Samarbetsrobotar och människor kan arbeta med varandra i olika grad. Allt från att en samarbetsrobot och en människa jobbar sida vid sida

med olika saker till att samarbetsroboten och människan jobbar med samma arbetsstycke på samma gång. (Omron, 2022).

Säkerheten i det gemensamma arbetsområdet för samarbetsroboten och människan är viktig. Området måste vara planerat så att människan kan utföra sina uppgifter säkert och placering av roboten och annan utrustning får inte orsaka fara. I det gemensamma arbetsområdet är samarbetsrobotens hastighet, kraft och rörelser begränsade för att garantera en säker arbetsmiljö för alla som kommer i kontakt med roboten. Om roboten har arbetsområden där den inte kommer i kontakt med människor fungerar den som en vanlig industrirobot. (Mihelj, o.a., 2019).

För att kunna garantera säkerheten kan samarbetsrobotar ha inbyggda kraftsensorer för att känna av avvikelser och kontakt med omgivningen. Sensorerna kan vara i samarbetsrobotens leder eller som ett lager på samarbetsrobotens arm. Armens design är anpassad så att vid kollision ska kontaktarean ska vara så stor som möjligt och ta upp kraften, vassa kanter och hörn undviks då dessa kan orsaka allvarligare skador vid kollision. (Mihelj, o.a., 2019).

Samarbetsrobotar är mångsidiga och kan utföra många olika uppgifter och är lätta att omprogrammera. Många samarbetsrobotar kan programmeras genom att flytta robotens arm manuellt till olika positioner varvid roboten minns positionerna och kan utföra uppgiften självständigt. (Robots done right, 2022c).

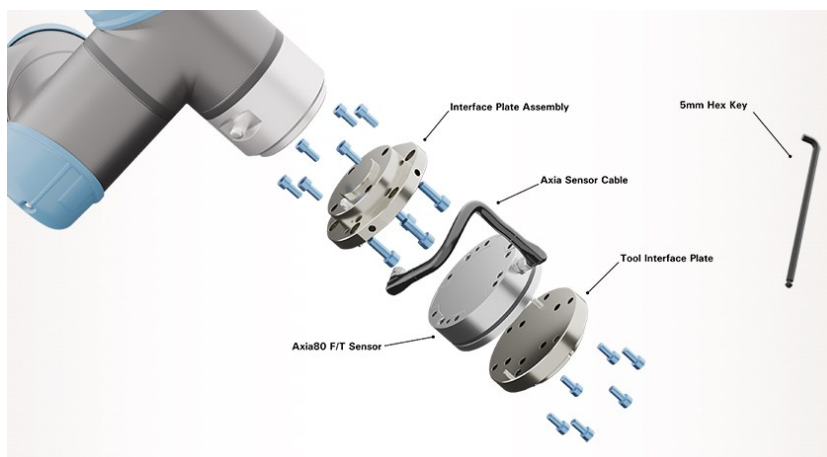
Samarbetsrobotar är ett kostnadseffektivt sätt att öka produktiviteten. De är mycket förmånligare att ta i bruk jämfört med robotar där extra säkerhet krävs, t.ex. om en robotcell måste byggas upp. Samarbetsrobotar kan ta över upprepande, enkla, tunga och smutsiga uppgifter och människorna kan fokusera på mer krävande och kritiska skeden i tillverkningen. Det finns många olika användningsområden för samarbetsrobotarna och de vanligaste är hantering av material, montering och packning. På grund av att de lätt går att omprogrammera så kan arbetsuppgifterna variera, det kan finnas flera arbetsuppgifter på en arbetsplats för samarbetsroboten. (Robots done right, 2022c).

2.5 Kraftsensorer

Kraftsensorer används för att känna av och kontrollera kraften mellan arbetsdonet på robotens handled och miljön omkring roboten. I de simplaste fallen används kraftsensorer för att stanna upp roboten då en viss kraft överskrids och i andra fall används de för mer avancerade uppgifter. Kraftsensorn placeras på robotens handled och arbetsdonet monteras i sin tur på kraftsensorn. Att ha en kraftsensor monterad på manipulatorns handled får inte påverka robotens arbetsuppgifter och noggrannhet och därför måste den vara stabil och fast. (Mihelj, o.a., 2019).

Kraftsensorer för robotar är uppbyggd av tre delar. En innerdel som är fäst i robotens handled, En ytterring som är påverkad av yttre krafter och elastiska balkar som kopplar ihop yttre ringen med innerdelen. Dessa elastiska balkar rör på sig då kraft påverkar resistansen i kraftsensorer i de olika balkarna och kraften avläses. De vanligaste sensorerna är 6 axlade kraft/vridmoment sensorer och de kan avläsa kraft i x, y och z riktningen samt vridmoment kring de tre axlarna. (Mihelj, o.a., 2019).

Inom slipning är 6 axlade kraft/vridmoment sensorer vanligast om slipapplikationen kräver en kraftsensor. Sensorerna är exakta och gör det möjligt att noggrant kontrollera materialborttagning under slipprocessen tack vare kraft och vridavläsningarna från sensorn. Sensorn ger information om krafter och roboten anpassar sig för att applicera rätt kraft på arbetsstycket. Bilden nedan visar en sprängskiss av en ATI Axia kraftsensor på en UR robot. Sensorn är monterad på roboten med hjälp av en adapter. (ATI, 2022a).

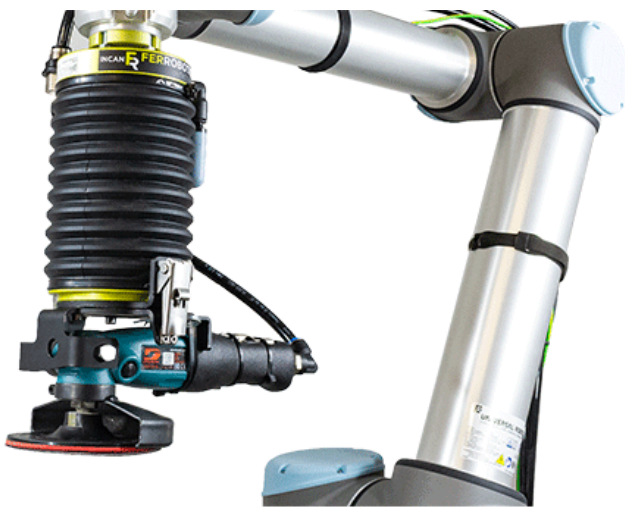


Figur 5. Sprängskiss av ATI Axia kraftsensor monterad på en UR samarbetsrobot med adapter. (ATI, 2022b).

2.5.1 Aktiv kontaktfläns

Aktiv kontaktfläns, som på engelska heter active contact flange har samma uppgift som kraftsensorer. De läser av kraften mellan arbetsdon och arbetsyta men skillnaden är hur kraften regleras. Dessa aktiva kontaktflänsar är uppbyggda så kraftregleringen händer i själva kontaktflänsen, det vill säga robotarmen har inget att göra med kraftregleringen till skillnad från reglering av kraft med en kraft/vridmoment sensor. Den aktiva kontaktflänsen påverkar bara verktyget den sitter fast i, robotarmen påverkas inte av sensorns kraftavläsningar. Sensorerna kan själva anpassa kraften så den är konstant på olika ytor med olika former och även anpassa sig till snabba förändringar t.ex. om arbetsstycket rör på sig. Implementering av aktiva kontaktflänsar är också smidig då det inte krävs långa testfaser. (Ferrobotics, 2022).

Aktiva kontaktflänsar kan vara snabbare, noggrannare men framför allt lättare att använda. De har också konstant kraft oberoende av vilken väg man slipar, ingen skillnad om slipningen sker rätt väg, på sidan eller upp och ner. Slipning i olika vinklar av ojämnt formade föremål kan vara ett problem med kraft/vridmoment sensorer och i sådana applikationer är aktiva kraftsensorer överlägsna. Aktiva kontaktflänsar är större än andra kraftsensorer då de både har sensor och reglermekanism i sig till skillnad från en kraft/vridmoment sensor som bara mäter krafter. Aktiva kontaktflänsar kan ge roboten en mer mänsklig touch. (Pushcorp, 2020).



Figur 6. Ferrobotics aktiv kontaktfläns monterad på en UR samarbetsrobot. (Universal Robots, 2022).

2.6 Slipning med robotar

Manuell slipning är ett dammigt och ansträngande jobb och att dagligen vara utsatt för damm och vibrationer kan vara hälsoskadligt i längden. Att automatisera slipning med en sliprobot utsätter inte människor för hälsofara och det kan också öka produktiviteten då en robotarm aldrig blir trött. (Mirka, 2022b).

Slipning med robotar bidrar till en jämnare produktkvalitet, det eliminerar mänskliga fel. Sliptiden är också konstant för en robot jämfört med människor där sliptiden kan variera och produktionen är mer oberäknelig. Robotarna kan arbeta dygnet runt och detta bidrar till en högre produktion vilket är kostnadseffektivt. (Robotics online marketing team, 2018).

2.7 ISO standard för fastsättning av arbetsdon

En ISO standard är en internationell överenskommelse som man kan beskriva som det bästa sättet att göra något. Standarderna kan gälla till exempel processhantering, erbjudande av tjänster eller materialleveranser. ISO standarderna täcker ett väldigt stort område. Standarderna är baserade på kunskap av experter inom ämnet som vet vad det finns för behov inom området. (ISO, 2022).

Standarden för fastsättning av arbetsdon heter ISO 9409-1:2004. Detta är en standard för Industrirobotar. Standarden definierar dimensioner och mått för cirkulära flänsar på robotars handled. Med denna standard är målet att uppnå och försäkra att verktyg är utbytbara och kompatibla med många olika robotmodeller. Beteckningen i denna ISO standard är uppbyggd på detta vis: i bultmönstret ISO 9409-1-80-6-M8 är ISO 9409-1 standarden, 80 är mått i millimeter på bultcirkelns delning, 6 är hur många hål det är i bultcirkeln och M8 är vilken storlek på gängan det ska vara i hålen. (ISO, 2004).

Nedan i figur 7 är ritningar över de relevanta ISO 9409-1 flänsarna i slutarbetet och i figur 8 en tabell över de olika flänsarnas dimensioner.

oberoende av förhållandena. Slutresultatet blir lika bra som om det skulle ha slipats av yrkeskunniga människor. (Mirka, 2022b).

Mirka AIROS lämpar sig för slipning med robot på alla ytor och är lättprogrammerad för att uppnå jämn kvalitet. AIROS design är robust och kompakt för att sliphuvudet ska vara så smidigt som möjligt. Sliphuvudet är damm- och vattentålig med klassificering IP66 och designad för minimalt underhåll och lång livstid. Mirka AIROS väger endast 1,1 kilo med minsta bottenplattan och levereras med en standardiserad ISO 9409-1-80-6 M8 fläns. Det finns flera olika versioner av Mirka AIROS och de olika sliphuvudena är anpassade för olika applikationer. (Mirka, 2022b).



Figur 9. Mirka AIROS sliphuvudfamiljen. (Mirka, 2022b).

2.9 Robotars globala marknad och framtid

Robotmarknaden uppskattas växa de kommande åren. Den globala robotmarknadens värde var 55,8 miljarder dollar år 2021 och är uppskattad att öka till 91,8 miljarder dollar år 2026. Den Globala marknaden för industrirobotar var 28 miljarder dollar år 2021 och är uppskattad att öka till 42,2 miljarder dollar år 2026. Allting tyder på att robotrender och automatisering kommer att öka i framtiden. (ResearchAndMarkets.com, 2022).

Det område som förväntas omfatta den största delen av marknaden är Asien. I den massiva fordons- och elektronikindustrin i Kina och Sydkorea har automatiseringen redan tagit fart och anpassning av robotar till produktionen kommer öka. I andra delar av världen förväntas användningen av robotar att öka, snabbaste tillväxten av robotanvändning är i Nordamerika. (Modorintelligence, 2022).



Figur 10. Tillväxt för robotar inom olika områden. (Mordorintelligence, 2022).

2.10 CAD, Solidworks

CAD står för computer-aided design och är en teknologi för design och teknisk dokumentering. CAD-program ersätter processer som annars skulle vara manuella, detta underlättar för bland annat arkitekter, designers och konstruktörer då man med hjälp av datorprogram får designa i 2D och 3D. Med CAD-program kan man lätt designa och visualisera koncept och simulera hur det skulle fungera i verkliga livet. (Autocad, 2022).

Det finns många olika CAD-program för att designa och modellera tredimensionella detaljer på datorn men i detta slutarbete är programmet Solidworks aktuellt. Solidworks har använts inom industrier för design och konstruktion i över 25 år. Med Solidworks kan man rita upp tredimensionella modeller och av denna modell sen göra tvådimensionella ritningar. (Solidworks, 2022).

3 Tillvägagångssätt

Examensarbetet började med ett kickoffmöte där arbetets olika skeden och mål gick igenom och avgränsades. Det första skedet i examensarbetet var att ta reda på vilka de största robot- och samarbetsrobottillverkarna är inom slipning. För att få data och statistik om detta lästes och undersöktes marknadsrapporter för robotar och samarbetsrobotar inom slipning. Tre rapporter inom robotslipning och tre inom samarbetsrobotslipning studerades och de största marknadsaktörerna från varje rapport antecknades. Då dessa tillverkare var framtagna presenterades de åt handledaren vid Mirka och de största tillverkarna kontrollerades om det stämde med de applikationer som Mirkas slipmaskiner mest används tillsammans med.

När de största Robot- och samarbetsrobottillverkarna var fastställda kunde arbetet fortsätta till nästa skede. Nu skulle de robotar och samarbetsrobotar som är relevanta för slippningsapplikationer tas fram. Detta gjordes genom att undersöka de olika robot- och samarbetsrobottillverkarnas produktutbud. Det undersöktes vilka robotar och samarbetsrobotar som hade lämplig lyftkapacitet, räckvidd och användningsområde. Då robotarna och samarbetsrobotarna som är lämpliga för slipning var färdigt undersökta kunde kartläggningen av de olika verktygsfastsättningarna börja. De flesta tillverkarna hade ritningar av robotarna och samarbetsrobotarna på sin hemsida så verktygsfastsättningen var lätt att kontrollera men i vissa fall krävdes det att hitta uppgifter om på fastsättningsbultmönstret från annat håll.

Kraftsensorer och aktiva kraftsensorer som är lämpliga för slipapplikationer studerades och de som var relevanta i applikationer med Mirka AIROS togs fram. Då kraftsensorer som skulle kunna vara lämpliga hade antecknats gick de igenom och diskuterades med handledaren på Mirka och de mindre relevanta togs bort från kartläggningen. Ritningar över sensorerna studerades för att få kartlagt bultmönster för fastsättningen av sensorerna vid olika robotar samt till Mirka AIROS.

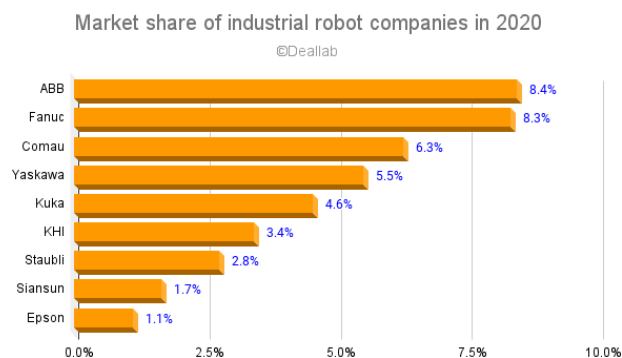
Då de föregående skedena av examensarbetet var färdiga kunde alla de adaptrar bestämmas som krävs för att Mirka AIROS ska passa i de valda robotarna, samarbetsrobotarna och kraftsensorerna. Då det var klart vilka alla adaptrar som behövdes ritades 3D-modeller i Solidworks och ritningar gjordes av alla adaptrar.

4 Resultat

I denna del av examensarbetet presenteras resultaten som uppnåtts under kartläggningens olika skeden och vad de olika skedena har lett till för slutresultat samt om modellering av adaptrarna. Resultatet som de olika skedena under kartläggningen har lett till är vilka adaptrar som krävs för applikation av Mirka AIROS

4.1 Relevanta robottillverkare inom slipning

Vid närmare undersökning av robotmarknaden samt diskussion med handledaren vid Mirka har de robot- och samarbetsrobottillverkare som är relevanta i examensarbetet bestämts. Nedan syns en graf som visar marknadsandel för olika industrirobottillverkares industrirobotar. De robottillverkare som är med i examensarbetet är svenska/schweiziska ABB som är störst på marknaden, japanska Fanuc som är en av världens största robottillverkare, tyska KUKA som sen 2016 hört till kinesiska Midea group, japanska Yaskawa och schweiziska Staubli.



Figur 11. Tabell över de största industrirobottillverkarna 2020 (Deallab, 2021).

Till de samarbetsrobottillverkare som är med i kartläggningen hör tidigare nämnda ABB, Fanuc och KUKA. Utöver dessa är även sydkoreanska Doosan och danska Universal Robots. De två sistnämnda tillverkar endast samarbetsrobotar.

4.2 Robotar och samarbetsrobotar lämpade för slipning

Undersökning av de olika robottillverkarnas utbud bestämde vilka robotar som togs med i kartläggningen. Krav för robotarna var att de inte skulle ha för hög bärförmåga, robotar med under 20 kg bärförmåga beaktades. Robotarna skulle också ha lämplig räckvidd och vara lämpade för slipapplikationer. Utbudet på samarbetsrobotar var inte lika stort som robotutbudet så det underlättade eftersom de flesta av de relevanta tillverkarnas samarbetsrobotar togs med.

De robotar och samarbetsrobotar som är lämpade för slipning har alla bultmönster enligt ISO 9409-1 standarden. Robotarna och samarbetsrobotarna i kartläggningen har tre olika bultmönster och presenteras i tabellerna nedan enligt vilket bultmönster de har.

Det första bultmönstret är ISO 9409-1-31.5-4-M5 och de robotar och samarbetsrobotar som har detta bultmönster presenteras i tabell 1. Detta bultmönster är vanligt bland robotarna som är med i kartläggningen.

Tabell 1. Robotar och samarbetsrobotar med ISO 9409-1-31.5-4-M5 bultmönster.

Robotar och samarbetsrobotar med ISO 9409-1-31.5-4-M5 bultmönster
Robotar
ABB: IRB 1100, IRB 120, IRB 1200
Fanuc: LR mate 200iD serien
KUKA: KR agilus och KR cybertech nano serien
Yaskawa: MH3BM
Staubli: TX2-60, TX2-60L
Samarbetsrobotar
ABB: SWIFTI™ CRB 1100
Fanuc: CR-4iA, CR-7iA, CR-7iA/L

Det andra bultmönstret är ISO 9409-1-40-4-M6 och de robotar som har detta bultmönster presenteras i tabell 2. Endast robotar som är med i kartläggningen har detta bultmönster.

Tabell 2. Robotar med ISO 9409-1-40-4-M6 bultmönster.

Robotar med ISO 9409-1-40-4-M6 bultmönster
ABB: IRB 1300, IRB 140, IRB 1600
Yaskawa: MH6F, MH6F-10, MH50 II-20, HP20D-A80
Fanuc: M-710ic12L / 20L

Det tredje och sista bultmönstret är ISO 9409-1-50-4-M6 och de robotar och samarbetsrobotar som har detta bultmönster presenteras i tabell 3. Detta bultmönster används mest av de samarbetsrobotar som är med i kartläggningen men även robotar har detta bultmönster.

Tabell 3. Robotar och samarbetsrobotar med ISO 9409-1-31.5-4-M5 bultmönster.

Robotar och samarbetsrobotar med ISO 9409-1-31.5-4-M5 bultmönster
Robotar
KUKA: KR cybertech serien och KR 20 r3100 iontec
Staubli: TX2-90, TX2-90L, TX2-90XL
Samarbetsrobotar
ABB: GoFa™ CRB 15000
Universal robots: UR3e, UR5e, UR10e, UR16e
KUKA: LBR iiwa 7/14
Doosan: M-serie, H-serie. A-serie
Fanuc: CRX-10iA, CRX-10iA/L

4.3 Kraftsensorer och aktiva kontaktflänsar lämpade för slipning

Inom slipning ligger belastningsområdet på 5-200 Newton så det krävs att sensorerna måste vara verksamma inom det området.

Kraftsensorerna som tas med har inte bultmönster enligt ISO standard. ABB sensorerna som tas med är kraftsensor 165 och 660 som har 80-4-M6 bultmönster, d.v.s. 80 mm bultcirkel med fyra hål med M6 gänga.

ATI sensorerna är Axia serien och Gamma serien. Axia serien har 71.12-6-M5 bultmönster på båda sidorna och Gamma serien har 50-4-M6 bultmönster på verktygssidan och på robotsidan beror bultmönstret på sensorns modell. Gamma IP60 har 88-4 bultmönster med hål för M6 och Gamma IP65 och IP68 har 98-4 bultmönster med hål för M6.

De aktiva kontaktflänsarna från Ferrobotics har bultmönster enligt ISO standard på verktygs- och robotsida. Ferrobotics ACF HD serien har ISO 9409-1-80-6-M8 bultmönster vilket är samma som Mirka AIROS och Ferrobotics ACF standard och ACF XS serien har ISO 9409-1-50-4-M6 bultmönster.

4.4 Adaptrar som krävs för applikation av Mirka AIROS

Av resultaten från de tidigare punkterna kan det tas fram vilka adaptrar som krävs för fastsättning av Mirka AIROS i de olika robotarna och kraftsensorerna och för fastsättning av kraftsensorer i robotar. Totalt är det 20 olika adaptrar som behövs.

Med tre olika adaptrar passar Mirka AIROS på alla olika robotar och samarbetsrobotar som är med i kartläggningen, adaptrarna är listade i tabell 4.

Tabell 4. Adaptrar för applikation av Mirka AIROS på robotar och samarbetsrobotar.

Adaptrar för Mirka AIROS och robotar/samarbetsrobotar
ISO 9409-1-31.5-4-M5 till Mirka AIROS ISO 9409-1-80-6-M8
ISO 9409-1-40-4-M6 till Mirka AIROS ISO 9409-1-80-6-M8
ISO 9409-1-50-4-M6 till Mirka AIROS ISO 9409-1-80-6-M8

För att Mirka AIROS ska vara kompatibel med de olika kraftsensorerna vid robotapplikationer krävs det en adapter på båda sidorna av kraftsensorn. Adaptern mellan kraftsensorn och roboten måste ha bultmönster enligt vilken robotmodell den ska appliceras på. Till varje kraftsensor måste tre olika adaptrar mellan robot och kraftsensor ritas upp då robotarna i kartläggningen har tre olika bultmönster.

Kraftsensorernas adaptrar är listade så att adaptern högst upp ska monteras mellan Mirka AIROS och kraftsensor och adaptrarna längre ner ska monteras mellan robotens handled och kraftsensorn.

ABB kraftsensorer 165 och 660 har båda samma bultmönster, i tabell 5 är adaptrar för applikation med Mirka AIROS listade.

Tabell 5. Adaptrar för ABB kraftsensor 165/660 vid applikation med Mirka AIROS.

Adaptrar för Mirka AIROS och ABB kraftsensor 165/660
Mellan kraftsensor och Mirka AIROS
ABB 80-4-M6 till Mirka AIROS ISO 9409-1-80-6-M8
Mellan robot/samarbetsrobot och kraftsensor
ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ABB 80-4-M6
ISO 9409-1-40-4-M6 till ABB 80-4-M6
ISO 9409-1-50-4-M6 till ABB 80-4-M6

Alla sensorer i ATI Axia serien har samma bultmönster på verktygs- och robotsida och i tabell 6 är adaptrar för applikation med Mirka AIROS listade.

Tabell 6. Adaptrar för ATI Axia serien vid applikation med Mirka AIROS.

Adaptrar för Mirka AIROS och ATI Axia serien.
Mellan kraftsensor och Mirka AIROS
ATI 76.12-6-M5 till Mirka AIROS ISO 9409-1-80-6-M8
Mellan robot/samarbetsrobot och kraftsensor
ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ATI 76.12-6-M5
ISO 9409-1-40-4-M6 till ATI 76.12-6-M5
ISO 9409-1-50-4-M6 till ATI 76.12-6-M5

ATI Gamma seriens kraftsensorer har två olika bultmönster på robotsidan beroende på sensormodell och därför måste två olika bultmönster beaktas då man ska rita upp adaptrarna. Bultmönstret på verktygssidan är samma. Följande adaptrar i tabell 7 krävs vid användning av ATI Gamma och Mirka AIROS.

Tabell 7. Adaptrar för ATI Gamma serien vid applikation med Mirka AIROS.

Adaptrar för Mirka AIROS och ATI Gamma serien.
Mellan kraftsensor och Mirka AIROS
ATI 50-4-M6 till Mirka AIROS ISO 9409-1-80-6-M8
Mellan robot/samarbetsrobot och kraftsensor, Gamma IP60
ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ATI 88-6
ISO 9409-1-40-4-M6 till ATI 88-6
ISO 9409-1-50-4-M6 till ATI 88-6
Mellan robot/samarbetsrobot och kraftsensor, Gamma IP65/68
ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ATI 98-6
ISO 9409-1-40-4-M6 till ATI 98-6
ISO 9409-1-50-4-M6 till ATI 98-6

De aktiva kontaktflänsarna lämpade för slipning är tillverkade av Ferrobotics. Dessa kontaktflänsar har bultmönster enligt ISO 9409-1 standarden vilket underlättar fastsättningen. Ferrobotics ACF HD serien har samma ISO 9409-1-80-6-M8 bultmönster som Mirka AIROS och passar därför på robotar med samma adaptrar som AIROS. AIROS passar även direkt på kontaktflänsen.

Ferrobotics ACF standard och ACF XS serien har ISO 9409-1-50-4-M6 bultmönster. Mirka AIROS passar på kontaktflänsen med samma adapter som finns för robotar med ISO 9409-1-50-4-M6 bultmönster. Kontaktflänsen passar även rakt på robotar med det tidigare nämnda bultmönstret och adapterar som krävs för att kontaktflänsen ska passa med robotarna med de två andra bultmönstren kan avläsas i tabell 8.

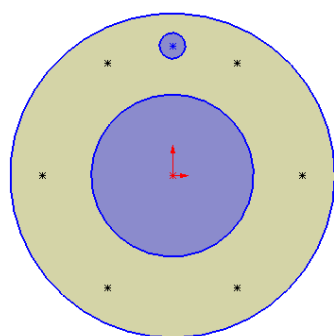
Tabell 8. Adapterar för Ferrobotics ACF XS/standard serien vid applikation med Mirka AIROS.

Adapterar för Mirka AIROS och Ferrobotics ACF XS/Standard
Mellan robot/samarbetsrobot och kontaktfläns
ISO 9409-31.5-4-M5 till ISO 9409-1-50-4-M6
ISO 9409-40-4-M6 till ISO 9409-1-50-4-M6

4.5 Ritning av adapterar

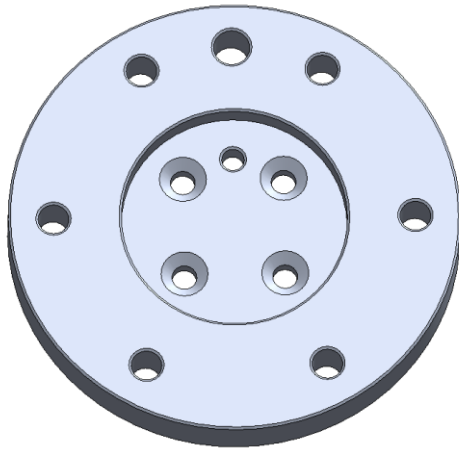
De 20 olika adapterarna har modellerats upp i Solidworks och ritningar har lagats. Ritning av alla adapterar finns under bilagor, bilaga 1–20. Det har även gjorts en tabell för att lättare hitta rätt adapter, bilaga 21.

De olika adapterarnas utformning, utseende och dimensionering baserar sig på befintliga adapterar samt ISO 9409-1 standarden. Styrapparnas placering måste beaktas för att kraftsensorer ska sitta rätt på robotens handled då detta är viktigt för kraftsensorns funktion. I exemplet nedan går det närmare in på ritprocessen av adapterarna, processen för alla adapterar gick i stort sett enligt samma metod. Det är adaptern för applikation av Mirka AIROS på robotar/samarbetsrobotar med ISO 9409-1-31-5-4-M5 bultmönster som visas i exemplet. Ritprocessen började i Solidworks med att rita en tvådimensionell skiss med adapters huvuddimensioner, se figur 12.



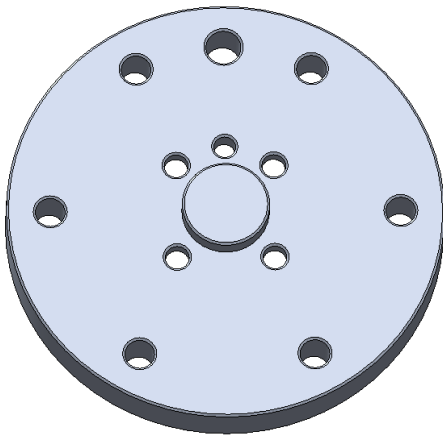
Figur 12. 2D skiss i Solidworks.

Då skissen var färdig gjordes den till en 3D-modell och de resterande detaljerna kunde läggas till modellen. Det slutgiltiga resultatet är en 3D-modell av en fullt fungerande adapter. Figur 13 och 14 är 3D-modeller av den färdigt ritade adaptern. Figur 12 visar den sida av adaptern Mirka AIROS sätts fast i.



Figur 13. Färdig 3D-modell av adaptern i Solidworks.

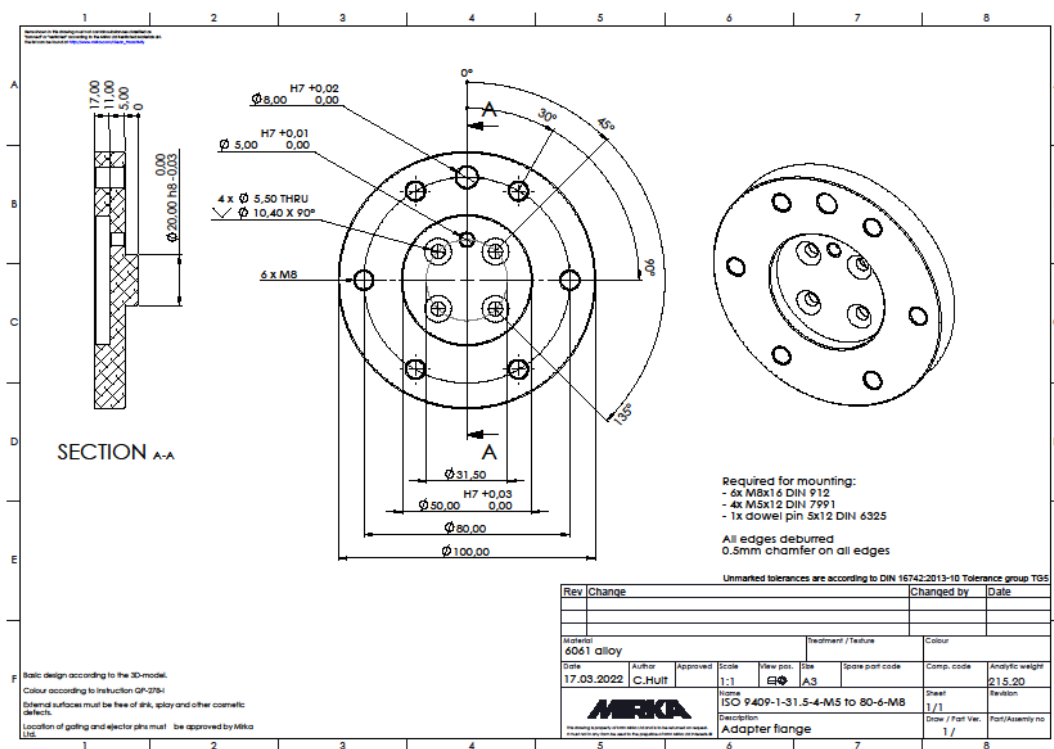
Figur 14 nedan visar den sida av adaptern som kommer mot robotens handled.



Figur 14. Färdig 3D-modell av adaptern i Solidworks.

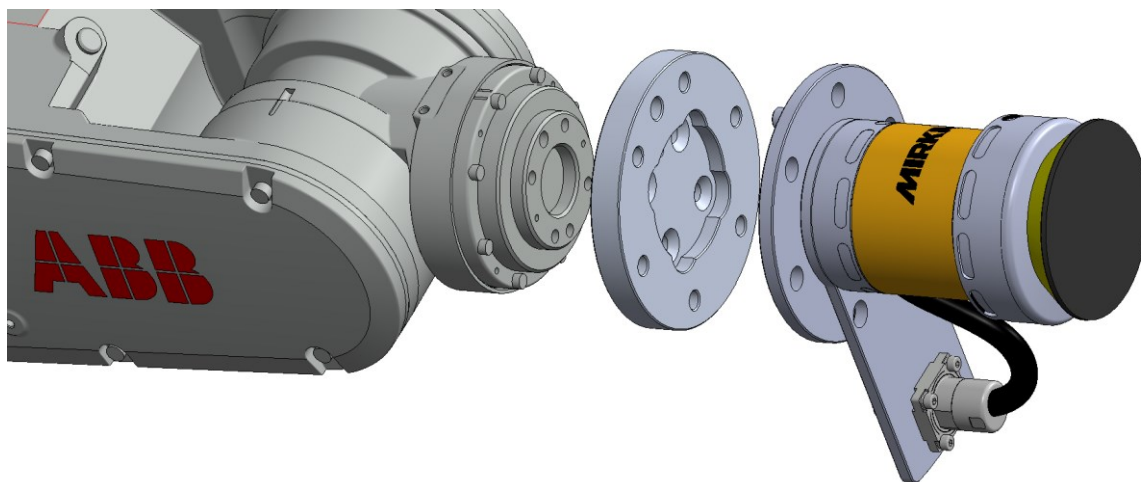
Nästa skede efter att 3D-modellen är färdig var att göra en ritning. Ritningen gjordes i Solidworks och resultatet blev en ritning med all data nödvändig för att tillverka en fungerande adapter. Figur 15 är resultatet. Ritningarna är toleranssatta enligt ISO 9409-1 standarden så centreringen av adaptern på robotens handled och centrerings av Mirka AIROS på adaptern blir exakt. Val av material är 6061 aluminium, detta val är baserat på att den befintliga adaptern för Mirka AIROS som redan är i produktion är gjord av detta material.

Skrivar och styrtappar som krävs vid montering har undersökts och antecknats på adaptrarnas ritningar. Valet av skruvar och styrtappar är gjort efter DIN:s standardiserade mått. Skruvarna som används är enligt DIN 912 och DIN 7991. Styrtapparna är DIN 6325.



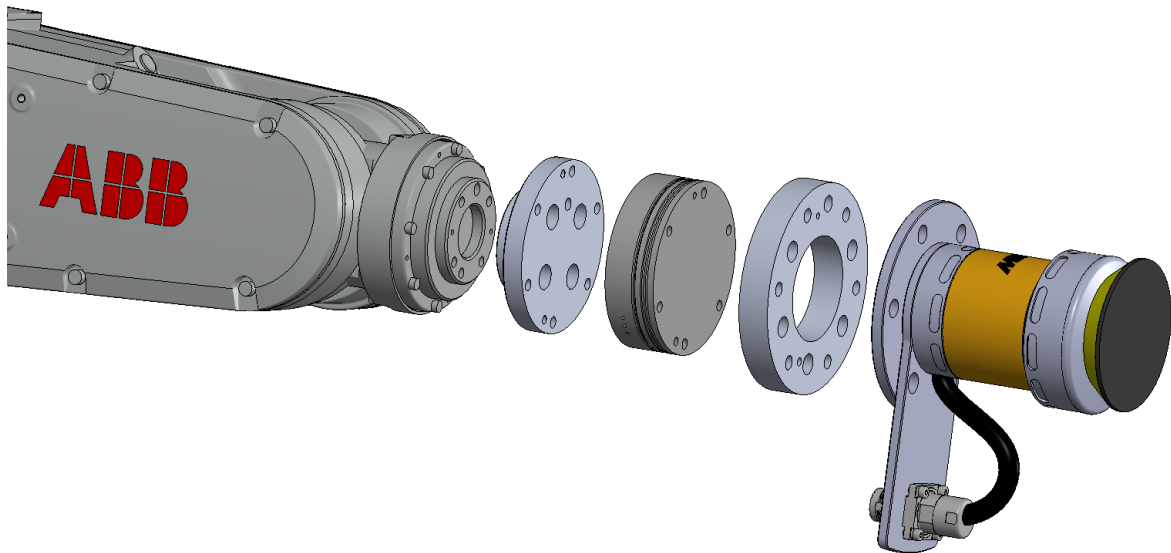
Figur 15. Ritning över adapter ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ISO 9409-1-80-6-M8.

På bilden nedan visas en sprängskiss som exempel hur adaptrar används. Då det inte krävs en kraftsensor monteras Mirka AIROS direkt på roboten med en adapter, figur 16 är ett exempel på detta.



Figur 16. Sprängskiss av Mirka AIROS Monterad med adapter på ABB IRB 1300 robot.

Då det krävs en kraftsensor vid slipning måste man ha två adaptrar. En adapterplatta monteras på kraftsensorn så fastsättning av Mirka AIROS ska vara möjligt och andra adaptern monteras mellan kraftsensorn och robotens handled. Figur 17 nedan visar exempel på detta.



Figur 17. Sprängskiss av Mirka AIROS och ATI Axia kraftsensor monterade med adaptrar på ABB IRB 1300 robot.

4.6 Resultatdiskussion

Resultatet jag uppnått är en kartläggning över fastsättning av Mirka AIROS med ritningar över de olika adapterarna samt en guide för att lättare hitta rätt adapter. Ritningar till adapterarna som ritats upp finns under bilagor, bilaga nummer 1–20. Tabellen för att lättare hitta rätt adapter är bilaga nummer 21. Resultatet är fungerande adaptrar anpassade för de olika applikationerna. Det finns inga större saker att anmärka under själva ritprocessen men det stöttes på små avvikelser vid ritning av adapterarna som måste lösas.

Saker att anmärka var att adaptern mellan ATI Axia kraftsensorer och Mirka AIROS krävde en kompromiss då styrtappen till AIROS är på samma ställe som en skruv till ATI Axia. Detta löstes med att skruven lämnas bort, adaptern ska vara fast med sex skruvar i ATI Axia men det går också bra med fem.

Adaptorn mellan robotar med 40 mm bultcirkel och Ferrobotics aktiva kontaktflänsar med 50 mm bultcirkel krävde lite avvikelser. Bultcirkelarna är så nära varandra att de går in i varandra om roboten och kontaktflänsen är i linje. Detta löstes med att ha en 22,5° vinkel mellan styrtapparna så inte bultmönstren går in i varandra. I denna applikation är detta en acceptabel lösning då aktiva kontaktflänsar inte kräver att styrtapparna är i linje.

En iakttagelse som gjordes under arbetets gång var att flänsen på Mirka AIROS slipmaskinen som ska vara enligt ISO 9409-1-80-6-M8 hade avvikelser från standarden. Centrumets mått på Mirka AIROS är 48,8 mm, detta mått ska vara 50 mm enligt ISO 9409-1-80-6-M8. Denna måttavvikelse leder till att Mirka AIROS sliphuvudet inte centreras i flänsen vid montering.

Fortsättning på detta examensarbete skulle kunna vara att undersöka vilka alla robottillverkares robotar som har samma ISO 9409-1 standardiserat bultmönster som de robotar och samarbetsrobotar som redan är med i kartläggningen. Dessa robotar skulle kunna tilläggas i kartläggningen så att man kan se om de är kompatibla utan att var tvungen att börja söka information.

5 Diskussion

I detta examensarbete har jag nått målet genom att ta reda på vilka robot- och samarbetsrobotstillverkare som är aktuella inom slipning samt vilka av deras robotar som används för slipning och kartlagt fastsättningen för Mirka AIROS i robotar. Jag har också undersökt vilka kraftsensorer som är lämpliga för användning vid slipapplikationer med Mirka AIROS och kartlagt fastsättningen. Då de adaptrar som behövs för de olika slipapplikationerna hade blivit framtagna ritades adaptrar upp och målet med examensarbetet, kartläggningen, var färdig.

Arbetet har framskridit utan större problem. I början var det lite svårt att hitta info om robotstillverkare inom slipning då det är ett ganska så specifikt område men med lite handledning och sökande hittades informationen jag var ute efter. Resten av informationssökandet gick smidigt och robot- och samarbetsrobotstillverkarnas robotar som är lämpliga för slipning var lätta att ta fram då robotstillverkarnas webbsidor hade bra information om de olika robotarna i sortimentet. Vid undersökning av fastsättningsfläns hade de flesta tillverkare information på sina webbsidor om vad robotarna har för bultmönster, någon tillverkare hade inte denna information så informationen hittades på andra webbsidor. Kraftsensorerna lämpade för applikation med Mirka AIROS hittades relativt lätt och inga större problem stöttes på.

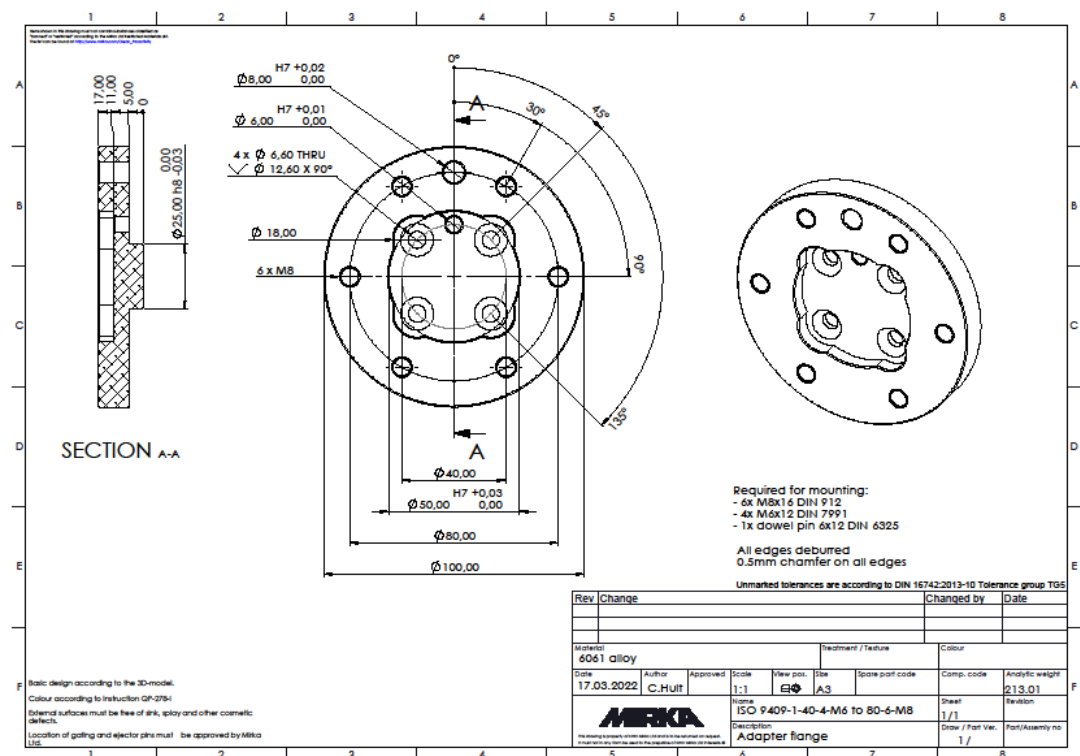
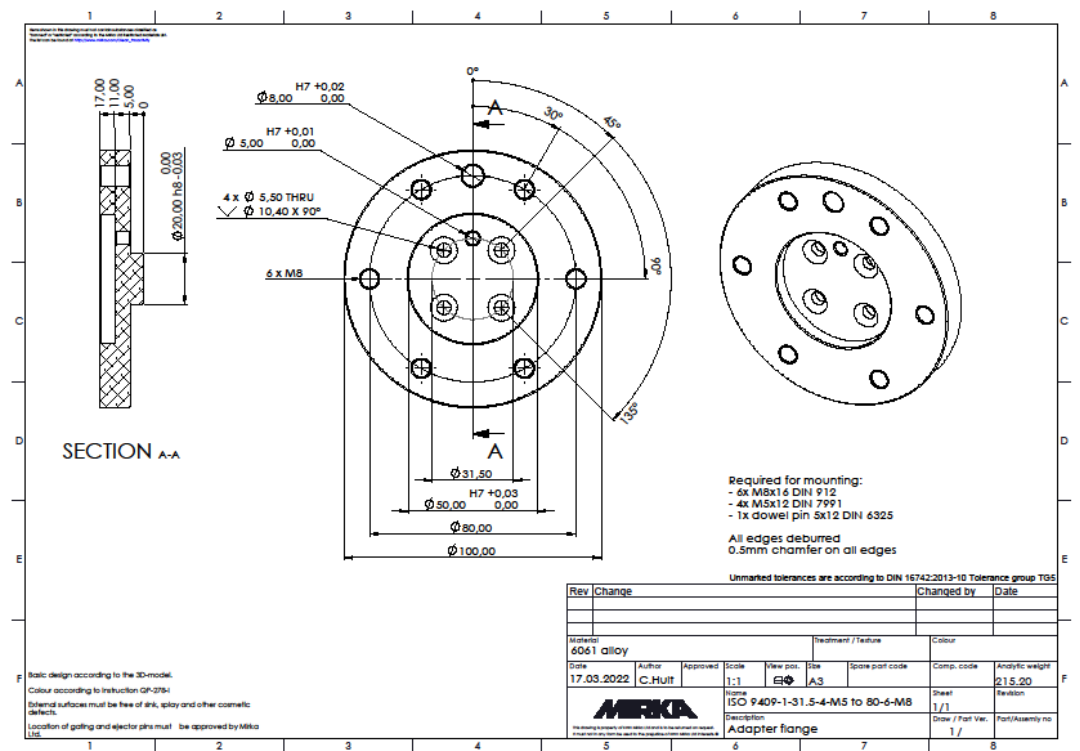
Själv har min kunskap om robotar och robotsystem ökat och jag har fått en inblick i slipning med robotar och Mirkas verksamhet. Jag har också fått kunskaper i Solidworks och de olika robotstillverkarnas robotutbud och om robotars användningsområden.

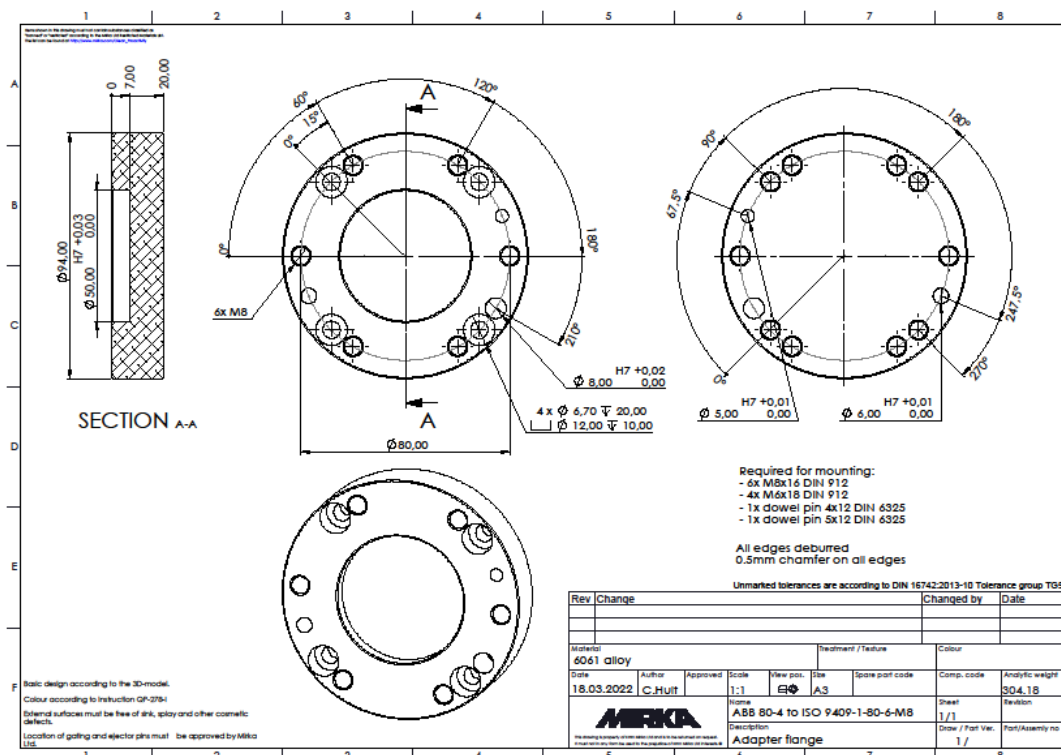
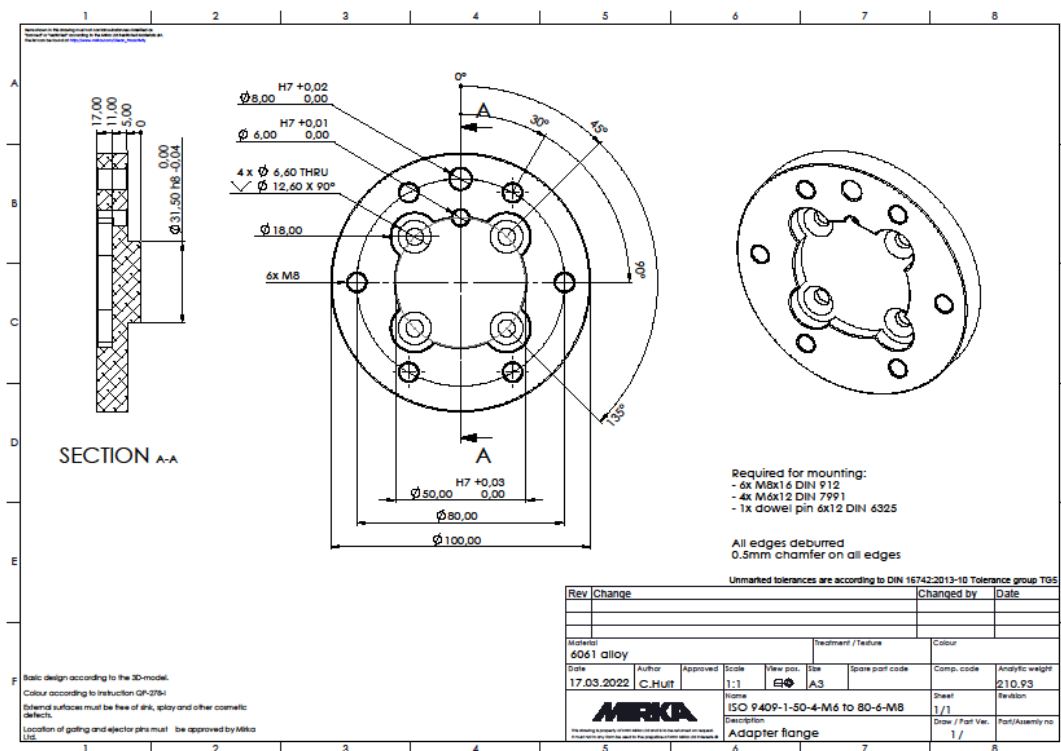
Jag vill tacka Tomas Sjöberg, min handledare vid Mirka samt övrig personal vid Mirka som på ett eller annat sätt har hjälpt till och Tobias Ekfors, min handledare på Novia för handledning till detta examensarbete.

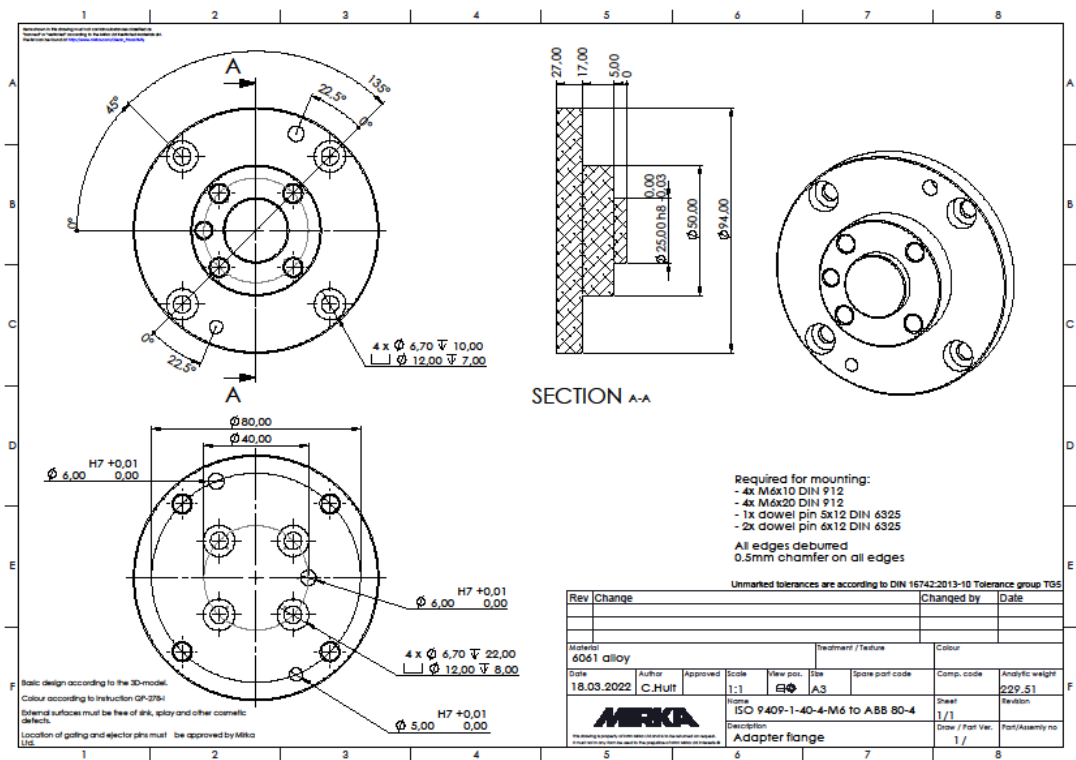
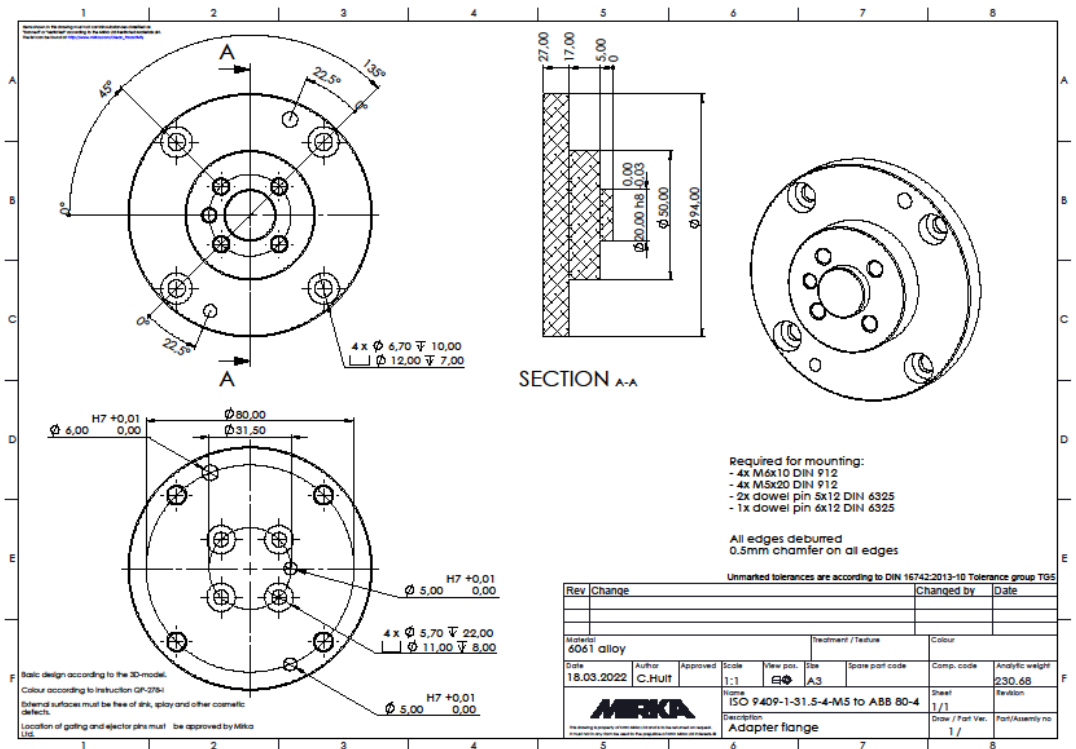
6 Källförteckning

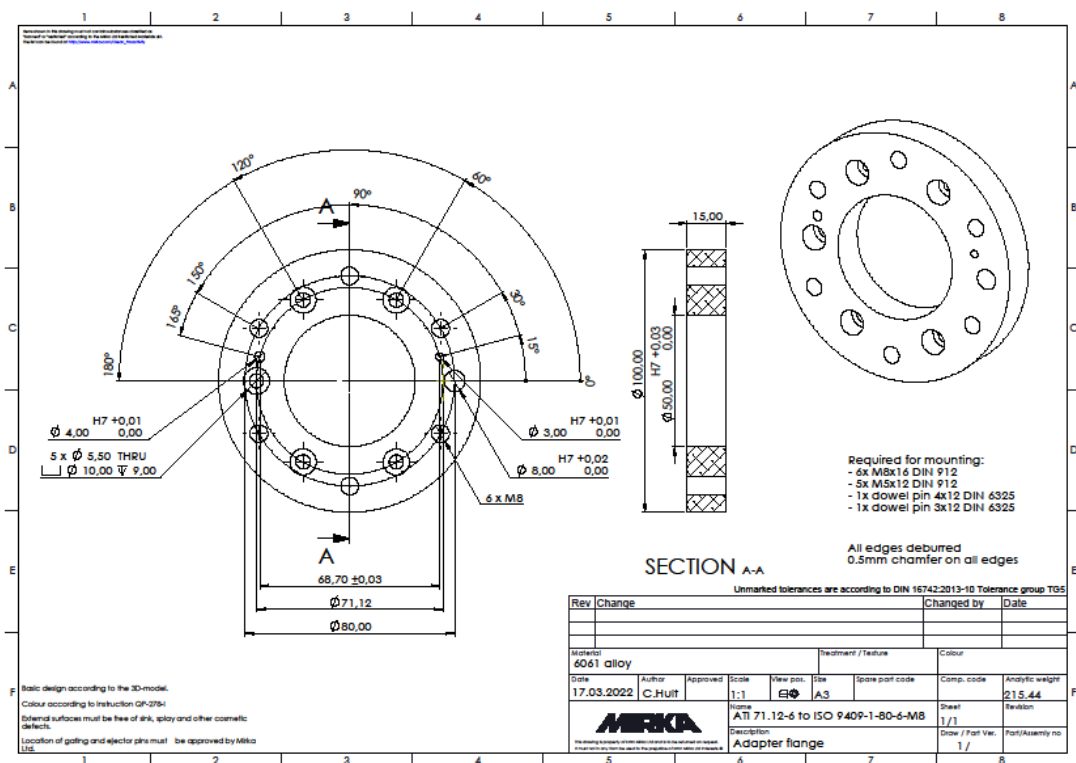
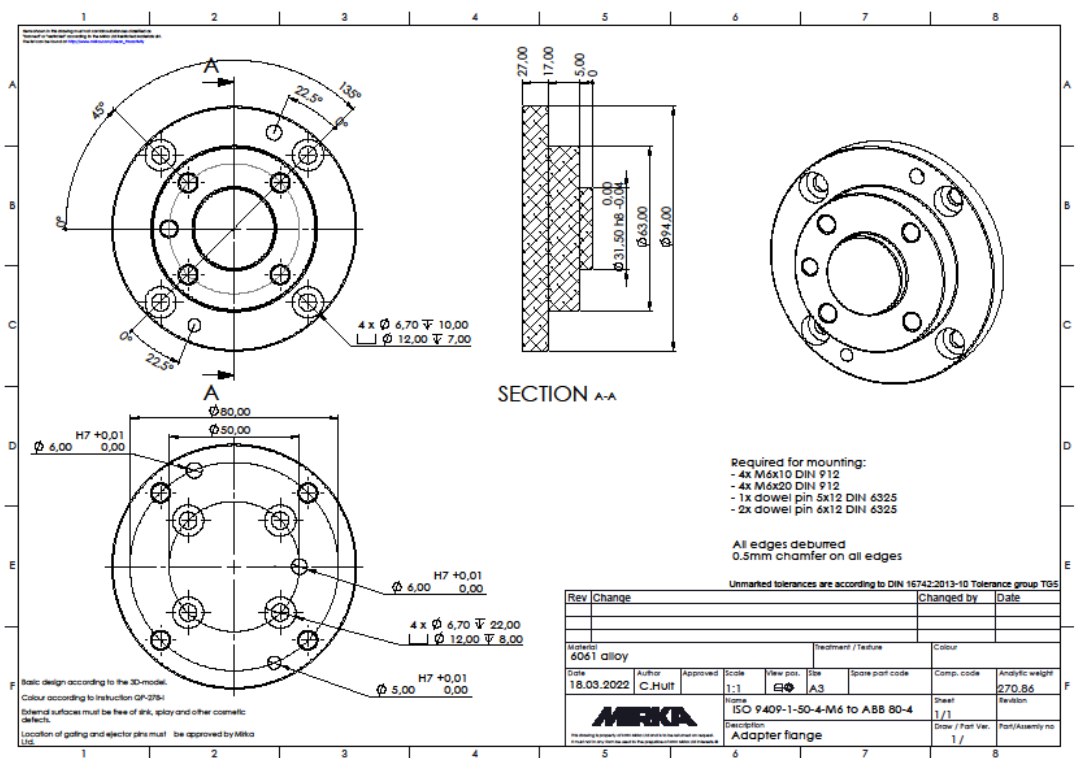
- Aalto universitet. (2021). *Industrirobotar och programmering av dem*. Hämtat från <https://mycourses.aalto.fi/mod/hvp/view.php?id=742366&lang=fi>. den 20 2 2022
- ABB. (2022). *SoftMove*. Hämtat från <https://new.abb.com/products/robotics/application-software/machine-tending/softmove>. den 01 04 2022
- ATI. (2022a). *Robot grinding with F/T sensor*. Hämtat från <https://www.ati-ia.com/company/NewsArticle2.aspx?id=1545314578&campaign=ExoGrind>. den 15 2 2022
- ATI. (2022b). *ATI's Axia80 Force/Torque sensor now a UR+ certified solution*. Hämtat från <https://www.ati-ia.com/company/NewsArticle2.aspx?id=1253144971>. den 1 3 2022
- Autocad. (2022). *What is CAD software*. Hämtat från <https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>. den 7 3 2022
- Bolmsjö, G. s. (2006). *Industriell robotteknik*. Lund: Studentlitteratur.
- Deallab. (den 29 2 2021). *Deallab*. Hämtat från <https://deallab.info/en/industrial-robot/#:~:text=Using%20the%20FY2020%20sales%20of%20the%20major%20industrial,for%20Comau%20in%20third%20place.%20No.1%20ABB%2008.4%25>. den 01 04 2022
- Ferrobotics. (2022). *Active compliant technology*. Hämtat från <https://www.ferrobotics.com/en/know-how-2/technology/>. den 25 2 2022
- Industry today. (den 19 4 2020). *Industrial robots in a manufacturing operation*. Hämtat från <https://industrytoday.com/industrial-robots-in-a-manufacturing-operation/>. den 17 2 2022
- ISO. (2004). *ISO 9409-1:2004*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/36578.html>. den 7 2 2022
- ISO. (2022). *ISO standards*. Hämtat från <https://www.iso.org/standards.html>. den 17 2 2022
- Mihelj, M., Bajd, T., Ude, A., Lenarcic, J., Stanovnik, A., Munih, M., . . . Slajpah, S. (2019). *Robotics (secon edition)*. Ljubljana: Springer.
- Mirka. (2022a). *Om Mirka*. Hämtat från <https://www.mirka.com/sv/fi/top/About-us/>. den 20 1 2022
- Mirka. (2022b). *Mirka AIROS*. Hämtat från <https://www.mirka.com/sv/airos/>. den 24 1 2022
- Modorintelligence. (2022). *Global robotics market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027)*. Hämtat från <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/robotics-market>. den 26 2 2022

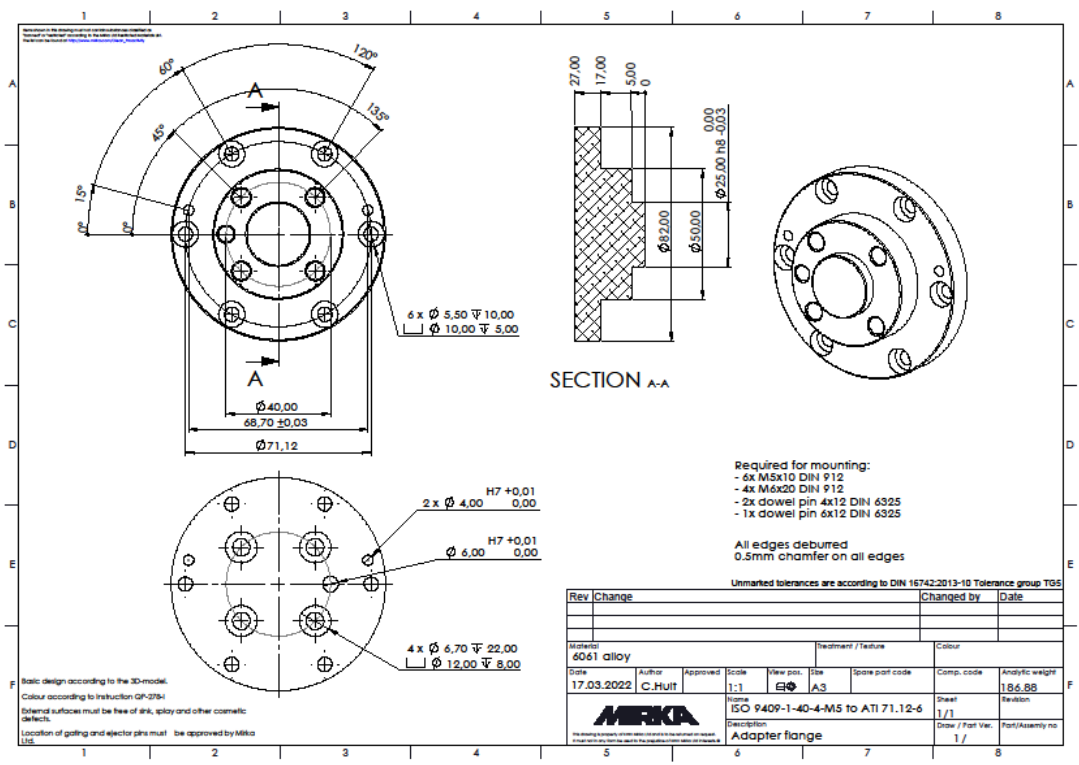
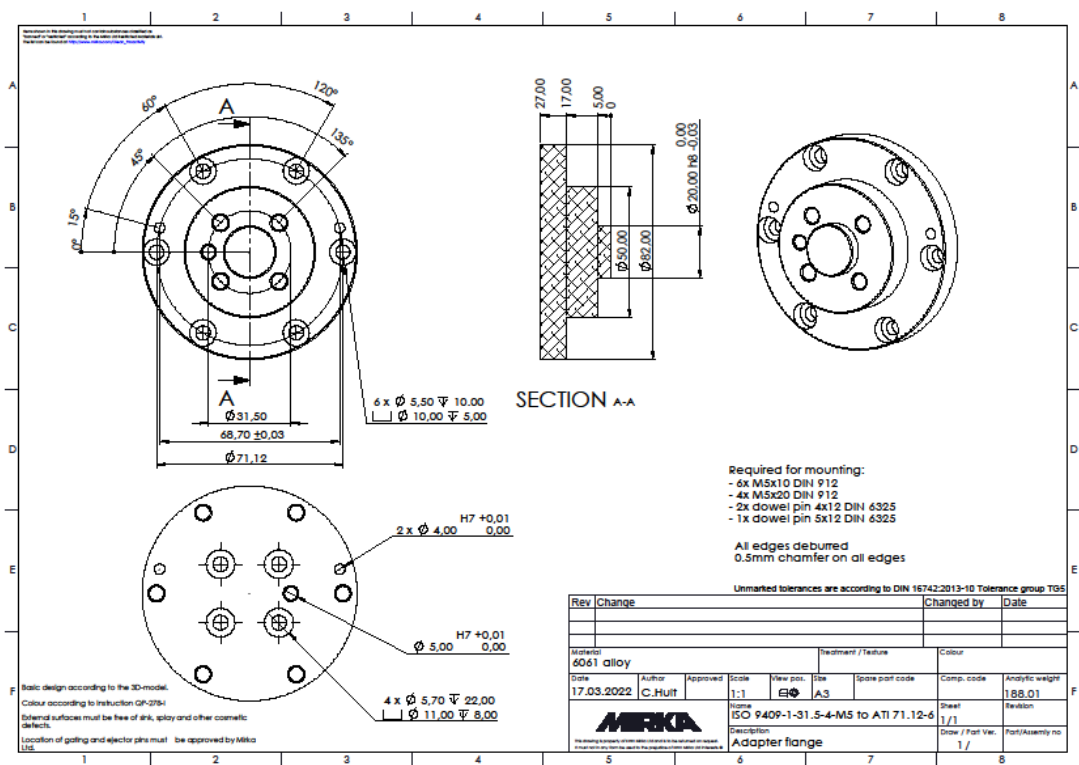
- Omron. (2022). *Collaborative robots*. Hämtat från <https://industrial.omron.fi/fi/products/collaborative-robots>. den 4 4 2022
- Pushcorp. (2020). *Robotic force compliance end effectors*. Hämtat från <https://pushcorp.com/productcat/robotic-force-compliance-devices/>. den 25 2 2022
- ResearchAndMarkets.com. (den 15 2 2022). *Robotics technologies and global markets report 2021*. Hämtat från <https://www.businesswire.com/news/home/20220215006009/en/Robotics-Technologies-and-Global-Markets-Report-2021-2026---> ResearchAndMarkets.com. den 26 2 2022
- Robotics online marketing team. (2018). *The benefits of robotic grinding and material removal*. Hämtat från automate.org/blogs/the-benefits-of-robotic-grinding-and-material-removal. den 4 2 2022
- Robots done right. (2022a). *What is an industrial robot?* Hämtat från <https://robotsdoneright.com/Articles/what-is-an-industrial-robot.html>. den 7 2 2022
- Robots done right. (2022b). *What is a robotic manipulator?* Hämtat från <https://robotsdoneright.com/Articles/what-is-a-robotic-manipulator.html>. den 7 2 2022
- Robots done right. (2022c). *Cobot automation*. Hämtat från <https://robotsdoneright.com/Articles/cobot-automation.html>. den 7 2 2022
- Solidworks. (2022). *Design/Engineering*. Hämtat från <https://www.solidworks.com/domain/design-engineering>. den 7 3 2022
- Universal Robots. (2022). *Active contact flange - ACF*. Hämtat från <https://www.universal-robots.com/plus/products/ferrobotics/active-contact-flange-acf/>. den 3 3 2022

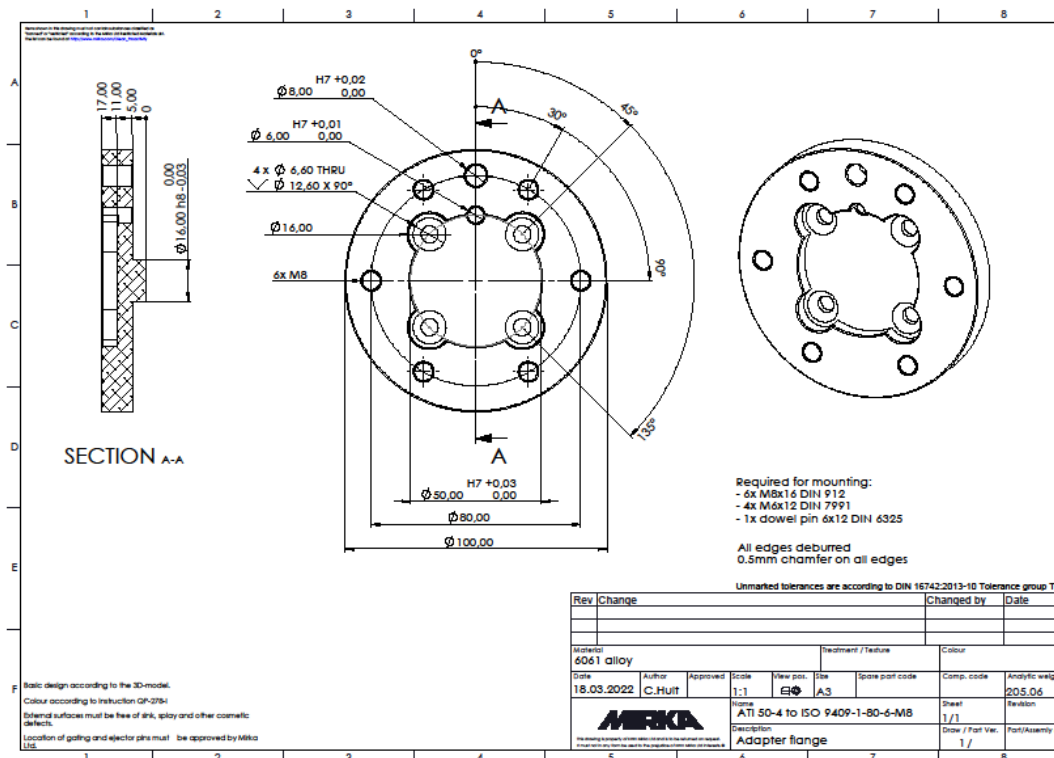
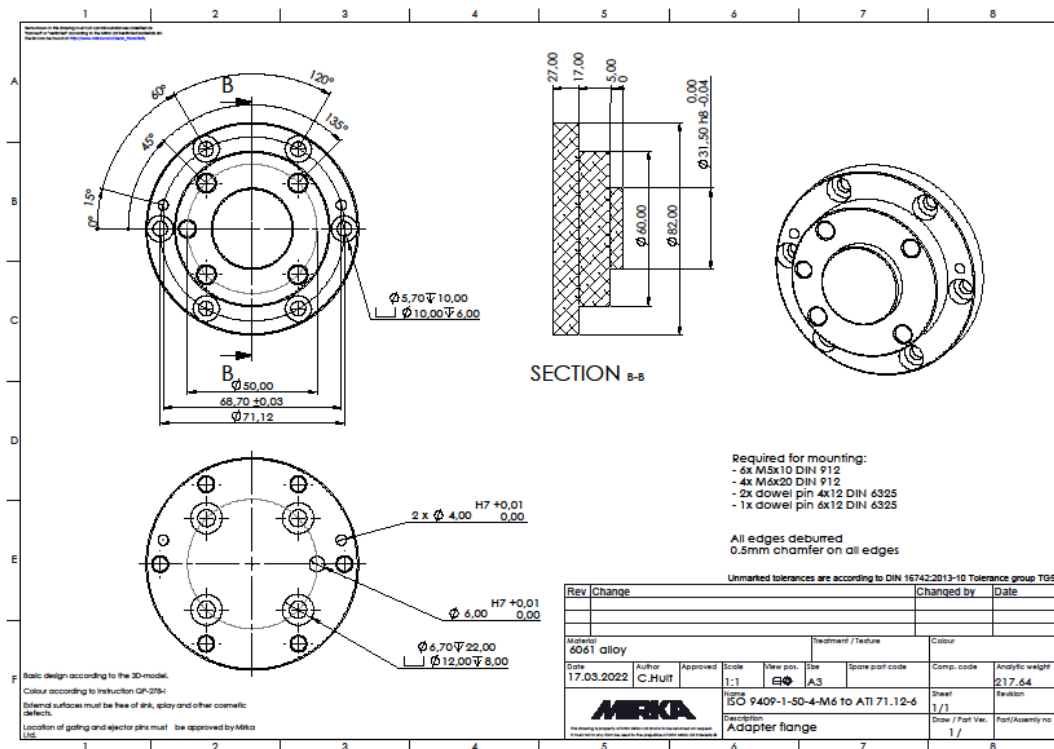


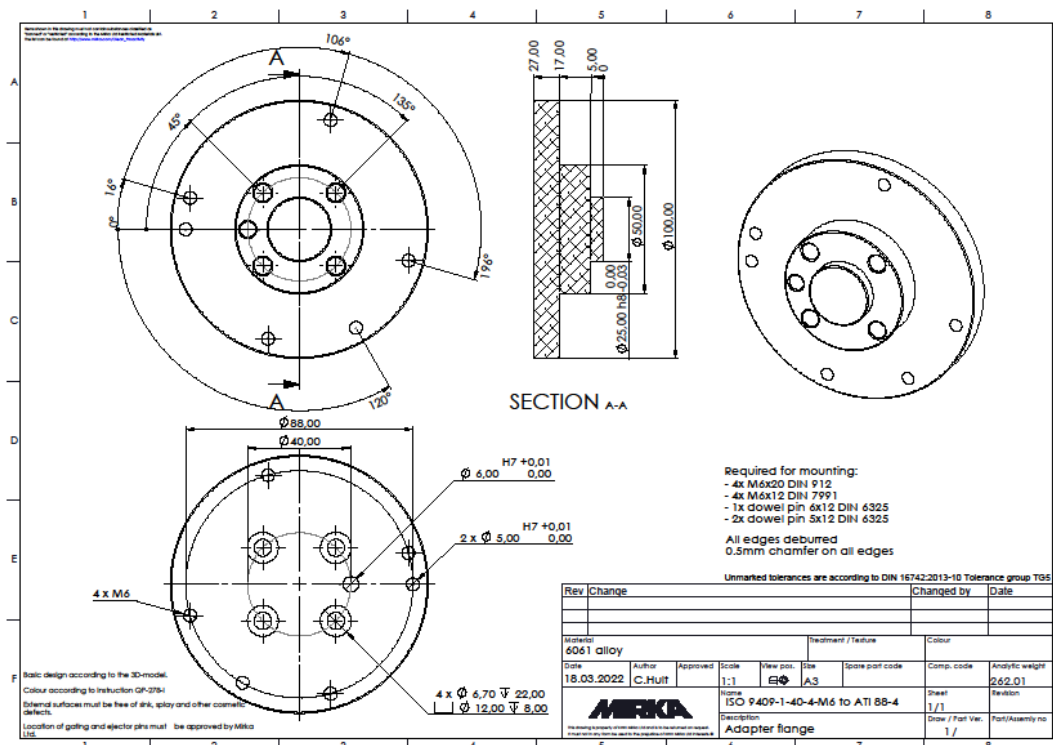
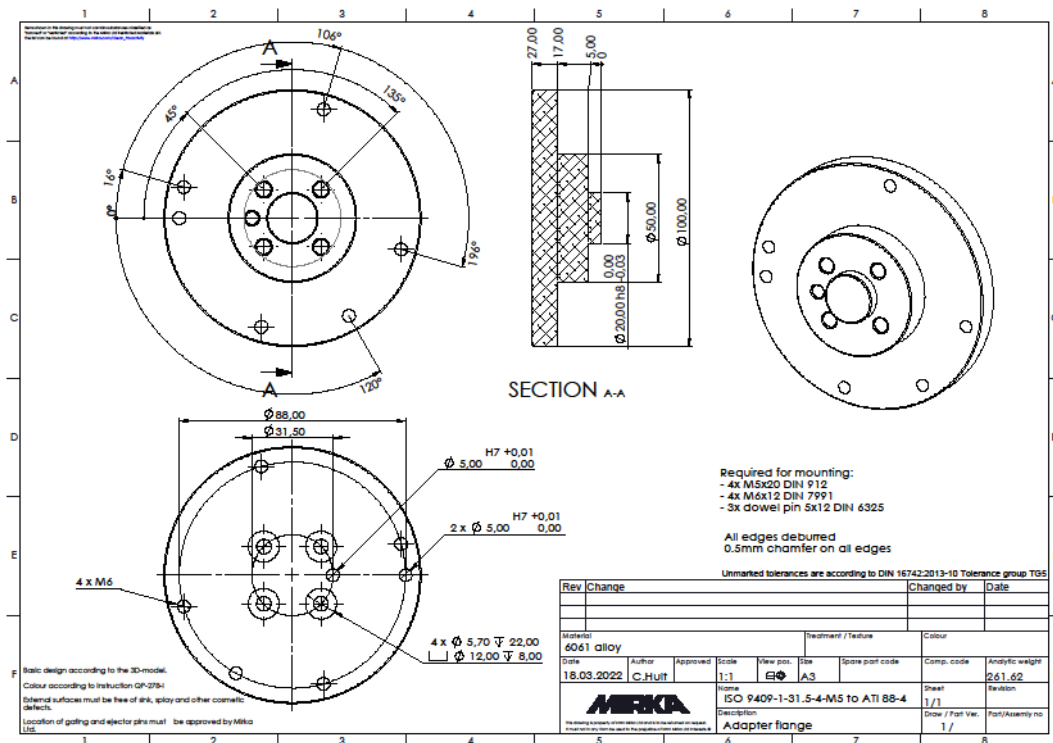


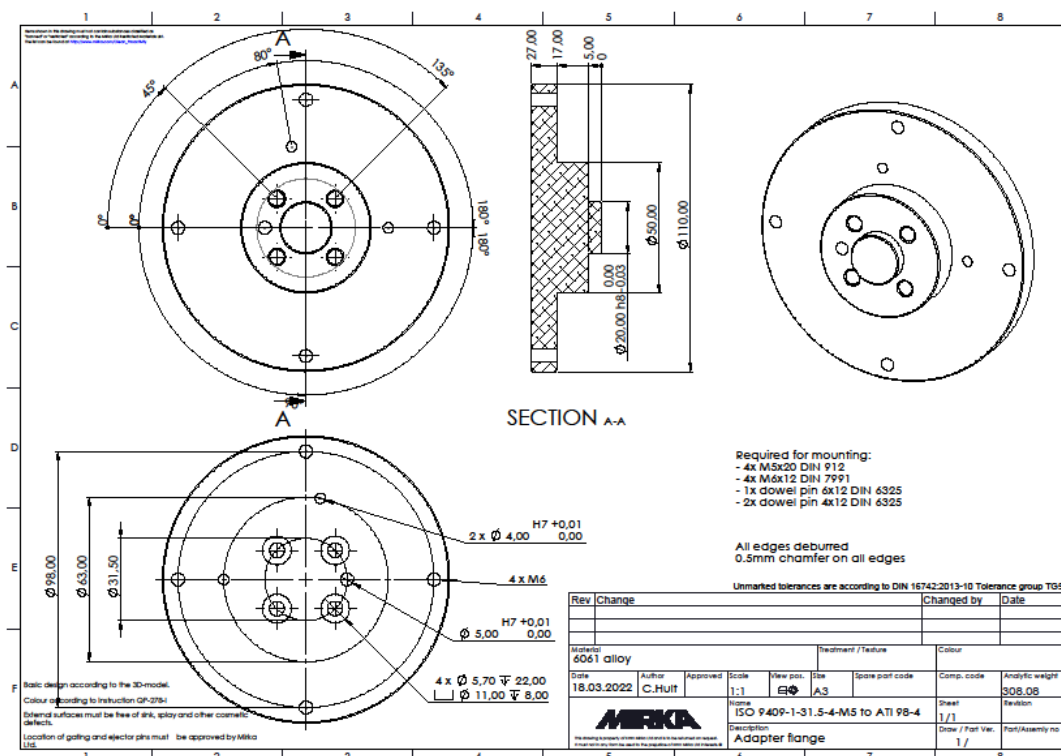
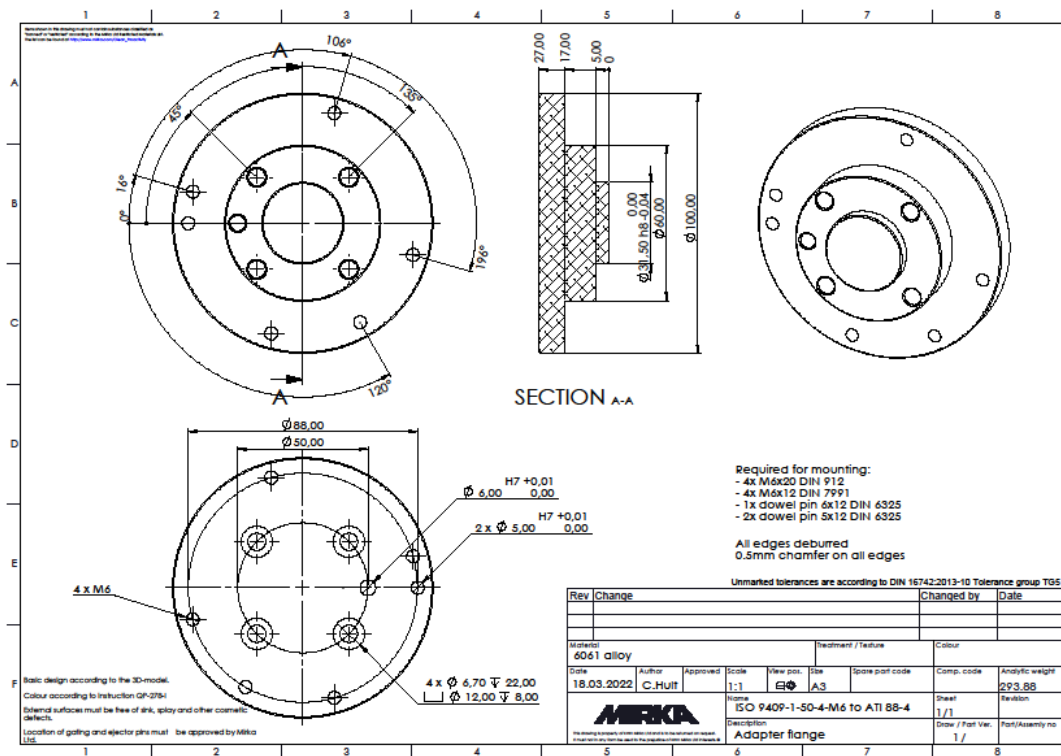


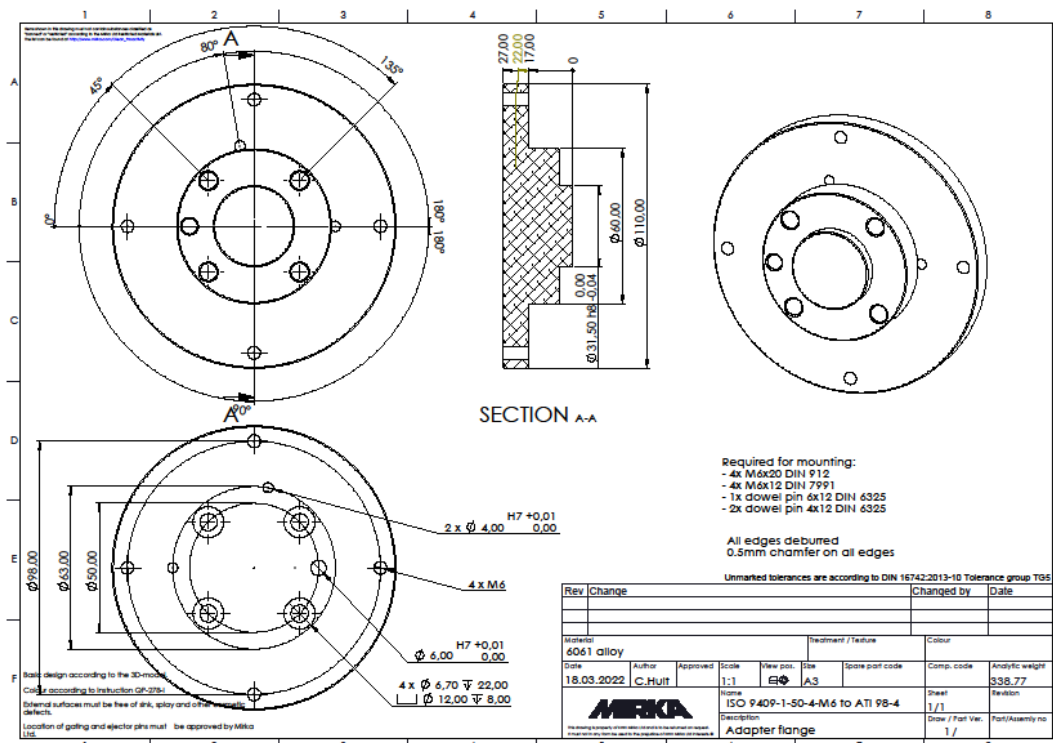
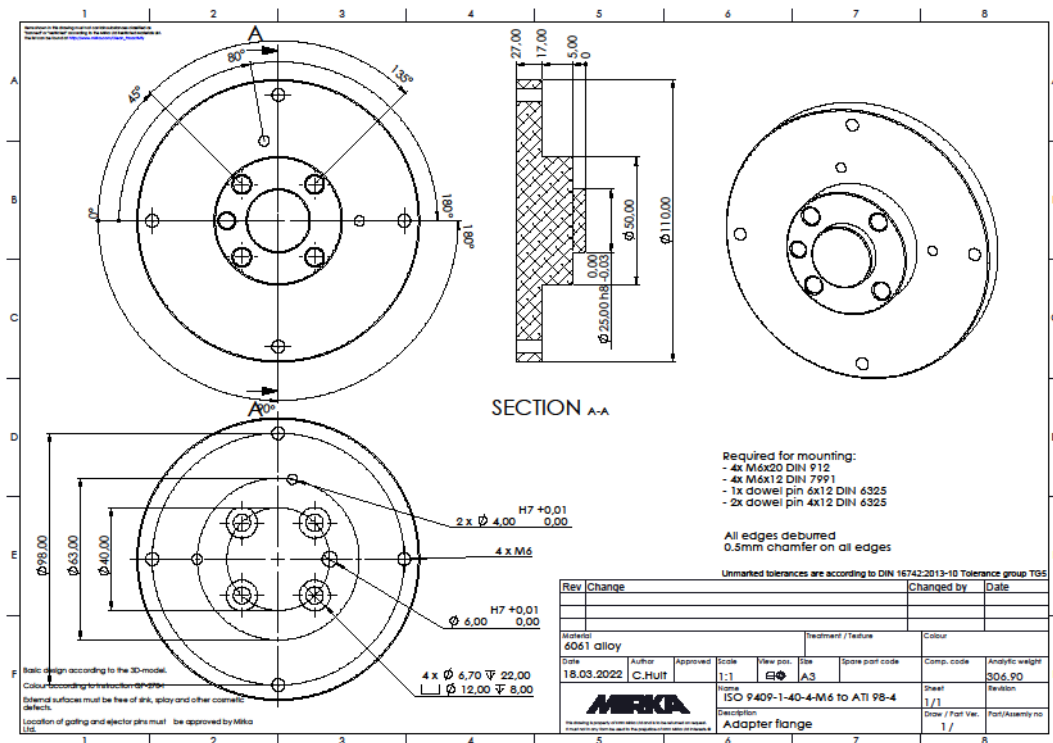


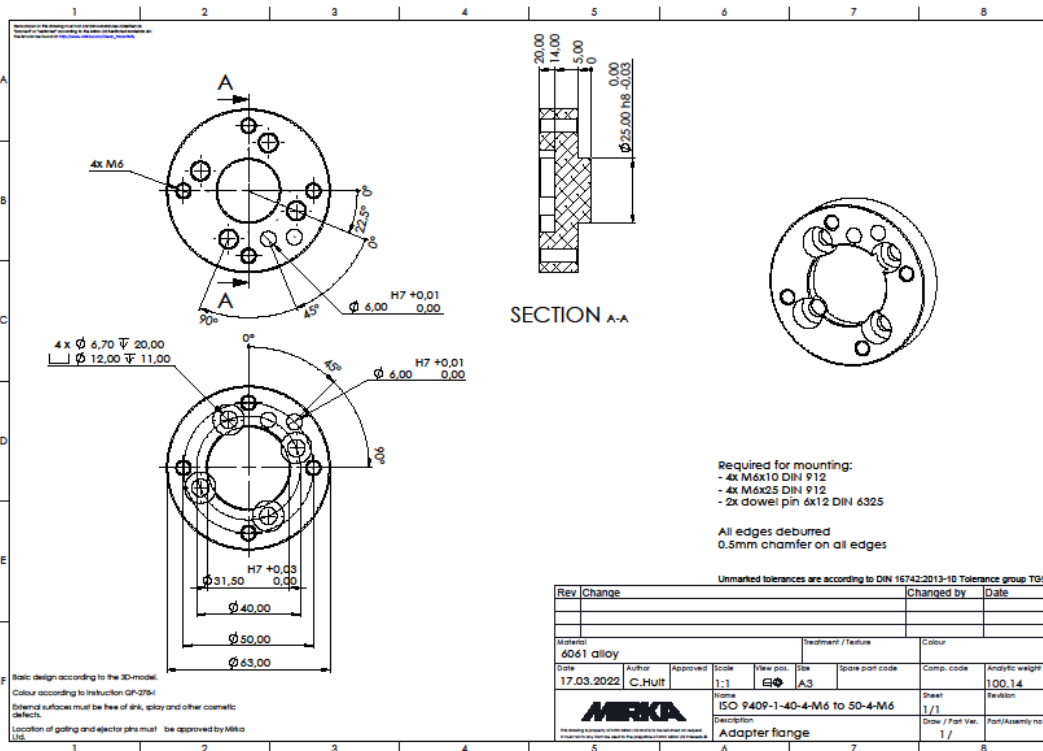














Robotar och samarbetsrobotar samt deras bultmönster

Mirka AIROS har ISO 9409-1-80-6-M8 bultmönster

Robotar och samarbetsrobotar listade nedan har tre olika bultmönster enligt ISO 9409-1 standarden.

ABB

Modell	Bultmönster
IRB 1100, IRB 120, IRB 1200, SWIFT™ CRB 1100	ISO 9409-1-31.5-4-M5
IRB 1300, IRB 140, IRB 1600	ISO 9409-1-40-4-M6

Fanuc

Modell	Bultmönster
LR mate 200iD serien, CR-4iA, CR-7iA, CR-7iA/L	ISO 9409-1-31.5-4-M5
M-710ic12L / 20L	ISO 9409-1-40-4-M6
CRX-10iA, CRX-10iA/L	ISO 9409-1-50-4-M6

KUKA

Modell	Bultmönster
KR agilus serien, KR cybertech nano serien	ISO 9409-1-31.5-4-M5
KR cybertech serien och KR 20 r3100 iontec, LBR iiwa 7/14	ISO 9409-1-50-4-M6

Yaskawa

Modell	Bultmönster
MH3BM	ISO 9409-1-31.5-4-M5
MH6F, MH6F-10, MH50 II-20, HP20D-A80	ISO 9409-1-40-4-M6

Staubli

Modell	Bultmönster
TX2-60, TX2-60L	ISO 9409-1-31.5-4-M5
TX2-90, TX2-90L, TX2-90XL	ISO 9409-1-50-4-M6

Doosan

Modell	Bultmönster
M-serie, H-serie, A-serie	ISO 9409-1-50-4-M6

Universal robots

Modell	Bultmönster
UR3e, UR5e, UR10e, UR16e	ISO 9409-1-50-4-M6

Adaptrar som krävs för applikation av Mirka AIROS

För robotar med ISO 9409-1-31.5-4-M5 bultmönster

För robotar med ISO 9409-1-31.5-4-M5 bultmönster	Adapter/adptrar som krävs
Utan kraftsensor:	
Med Mirka AIROS	ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ISO 9409-1-80-6-M8
Med kraftsensor:	
ATI axia och Mirka AIROS	ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ATI 76.12-6-M5
	ATI 76.12-6-M5 till ISO 9409-1-80-6-M8
ATI gamma IP60 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ATI 88-6
	ATI 50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
ATI gamma IP65/IP68 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ATI 98-6
	ATI 50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
ABB force sensor 165/660 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ABB 80-4-M6
	ABB 80-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
Ferrobotics ACF HD serien	ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ISO 9409-1-80-6-M8
	Mirka AIROS passar rakt på sensorn.
Ferrobotics ACF standard/XS serien	ISO 9409-1-31.5-4-M5 till ISO 9409-1-50-4-M6
	ISO 9409-1-50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8



För robotar med ISO 9409-1-40-4-M6 bultmönster

För robotar med ISO 9409-1-40-4-M6 bultmönster	Adapter/adptrar som krävs
Utan kraftsensor:	
Med Mirka AIROS	ISO 9409-1-40-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
Med kraftsensor:	
ATI axia och Mirka AIROS	ISO 9409-1-40-4-M6 till ATI 76.12-6-M5
	ATI 76.12-6-M5 till ISO 9409-1-80-6-M8
ATI gamma IP60 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-40-4-M6 till ATI 88-6
	ATI 50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
ATI gamma IP65/IP68 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-40-4-M6 till ATI 98-6
	ATI 50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
ABB force sensor 165/660 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-40-4-M6 till ABB 80-4-M6
	ABB 80-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
Ferrobotics ACF HD serien	ISO 9409-1-40-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
	Mirka AIROS passar rakt på sensorn.
Ferrobotics ACF standard/XS serien	ISO 9409-40-4-M6 till ISO 9409-1-50-4-M6
	ISO 9409-1-50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8

För robotar med ISO 9409-1-50-4-M6 bultmönster

För robotar med ISO 9409-1-50-4-M6 bultmönster	Adapter/adptrar som krävs
Utan kraftsensor:	
Med Mirka AIROS	ISO 9409-1-50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
Med kraftsensor:	
ATI axia och Mirka AIROS	ISO 9409-1-50-4-M6 till ATI 76.12-6-M5
	ATI 76.12-6-M5 till ISO 9409-1-80-6-M8
ATI gamma IP60 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-50-4-M6 till ATI 88-6
	ATI 50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
ATI gamma IP65/IP68 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-50-4-M6 till ATI 98-6
	ATI 50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
ABB force sensor 165/660 och Mirka AIROS	ISO 9409-1-50-4-M6 till ABB 80-4-M6
	ABB 80-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
Ferrobotics ACF HD serien	ISO 9409-1-50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8
	Mirka AIROS passar rakt på sensorn.
Ferrobotics ACF standard/XS serien	Passar rakt på robotar med ISO 9409-1-50-4-M6 bultmönster
	ISO 9409-1-50-4-M6 till ISO 9409-1-80-6-M8