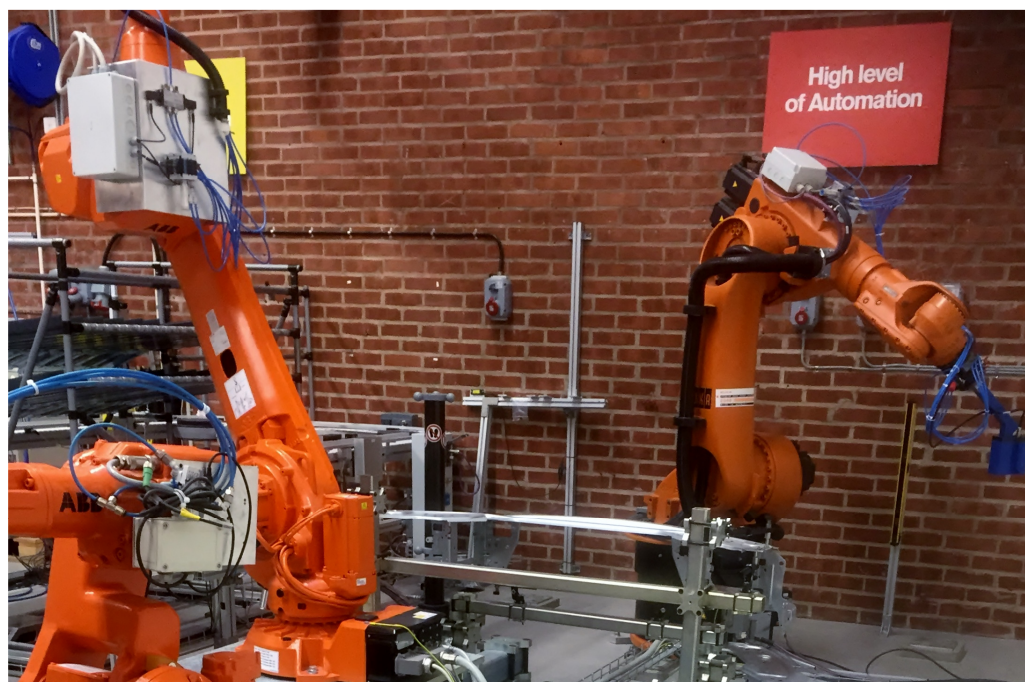


Automatiserad Process Kontroll (AProC)



Författare: Alf Andersson

Datum: 2015-12-18

Delprogram (Hållbar Produktionsutveckling)

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary.....	3
3 Bakgrund.....	3
3.1 Processer att automatisera.....	3
3.2 Utvecklingsbehov.....	4
3.3 Fall studie	4
4 Syfte, frågeställningar och metod.....	4
4.1 Huvudsakligt syfte	4
4.2 Huvudsakliga syfte för projektet.....	5
5 Mål	5
5.1 Generella projektmål	5
5.2 WP 1: In-line mätning.....	5
5.3 WP 2: Process analys	5
5.4 WP3: Korrigering åtgärder.....	5
5.5 WP 4: Flexibel fixturering.....	6
5.6 WP 5: Demonstratorcell	6
6 Resultat och måluppfyllelse	6
6.1 In-line mätning	6
6.2 Process analys.....	7
6.3 Korrigering åtgärder	7
6.4 Flexibel fixtur.....	9
6.5 Demonstratorcell.....	10
6.6 Leverans till FFI-mål.....	11
7 Spridning och publicering	11
7.1 Kunskaps- och resultatspridning.....	11
7.2 Publikationer	12
8 Slutsatser och fortsatt forskning	12
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	13

1 Sammanfattning

I AProC projektet har metoder och verktyg utvecklats för att uppnå en effektiv geometrifieringsprocess samt justeringsprocess. Verktyg och metoder har utvecklats för att

- kunna off-line programmera en robotbaserad mätcell
- placera mätsystem på robot och placera enheten i en processlinje
- skapa analysystem för beslutsstöd som kan hjälpa operatör att välja rätt korrigerande åtgärd
- utnyttja flexibel fixturering som lätt kan anpassas efter processen
- Skapa en operativ demonstratorcell som placerats på Chalmers. I denna har de ingående delarna kunna verifieras

Projektets mål har uppnåtts och man har kunnat demonstrera fungerande verktyg och metoder för varje del som adresserats i projektet.

2 Executive summary

Alla produkter som genereras av våra tillverkningsprocesser varierar och variationen kan leda till att produkterna inte uppfyller krav på funktion, geometri eller utseende. Kostnaden för geometrdefekter ökar ju längre fram i tillverkningskedjan man kommer. Därför är det viktigt att man upptäcker fel så fort de uppkommer. Om man lyckas justera de processer där felen uppkommer istället för att efterjustera fel, sparar man både tid och kostnad. AProC består av fem arbetspaket (WP) tillsammans med en rapporteringsdel. WP behandlar olika områden som är nödvändiga för att kunna uppfylla målet – utveckling av ett intelligent robotbaserat in-line mät system som kan Off-line programmeras mha optimal banplanering. Systemet skall både kunna detektera geometrdefekter, föreslå åtgärder samt justera enkla process parametrar. Projektdeltagarna är experter inom olika områden som berör projektets scope.

Mål:

- Demonstrera funktionalitet för effektiva mätsystem och verifieringsprocesser
- Demonstrera funktionalitet för intelligenta analysystem mha Case Base Reasoning (CBR) för att föreslå åtgärder för att rätta till processvariationer.
- Demonstrera funktionalitet med flexibla fixturer

Resultat:

All mål som nämnts ovan har uppfyllts. Målen definierades för del 1 i AProC. Del 2 kommer att fokusera på att koppla ihop de olika WP med en automatiserad lösning. Målet för del 2 är att nå en lösning som kan implementeras industriellt. Ansökan för del 2 är inskickad.

3 Bakgrund

Hög kvalitet är av högsta vikt för svensk bilindustri för att kunna konkurrera. Alla involverade aktörer i svensk bilindustri och därmed också de projekt som leder till förbättrad kvalitet är av högsta intresse för att nå ökad konkurrenskraft för svenska företag. Förbättrad kvalitet kan nås på många områden. Detta projekt fokuserar på process automation och geometri verifiering. Exempel på områden som påverkas är: produktkvalité, däckslitage, ljud & vibrationer, dörrstängning, produktionsstörningar, utseende m.m. Dålig kvalitet leder bl.a. till ökade kostnader pga , ökat slitage på produktionsutrustningar, ökad skrotmängd samt mer efterjusteringar.

3.1 Processer att automatisera

Geometrisäkring av detaljer som görs integrerat i processlinjen är av stor vikt för produktens kvalitet. In-line kontroll ger en beslutsbas för vilka åtgärder som krävs för att löpande justera processen till att hålla

produkten inom spec. processjusteringen kan vara både manuell och automatisk. Konsekvenserna om detaljerna faller utanför specifikation blir att man måste göra efterjusteringar vilka är kostsamma och tidskrävande. Idag är in-line verifiering för långsam för att alla krav skall kunna verifieras inom tillgänglig cykeltid. Lösningen blir då att man mäter det antal mätpunkter man hinner inom given cykeltid. Då nästa produkt skall mätas, mäts ett annat kluster av mätpunkter. Så fortsätter man tills man hunnit med att mäta de mätpunkter man behöver. Detta innebär att för att mäta alla mätpunkter behöver ett visst antal produkter gå igenom mätstationen. Om man upptäcker defekter, lyfts produkterna ut från processen och justeras i separata stationer. Efter justering, återinsätts de i processflödet. En annan lösning är att ett antal produkter tas ut från processflödet och skickas till ett mättrum för verifiering. Om man upptäcker defekter, justeras parametrar i processen för att åter få produkten inom given specifikation. De produkter som hunnit produceras under verifieringstiden, spåras och åtgärdas. Detta är en väldigt tidskrävande och dyr process och det finns risk för att defekta detaljer inte upptäcks.

3.2 Utvecklingsbehov

För att kunna veta att alla produkter är inom given specifikation skulle det krävas att alla mätpunkter mättes på alla detaljer och om avvikelser hittades skulle dessa åtgärdas direkt. Parallella projekt som t.ex InRob har utvecklat system för automatiserad mätning vilket bidragit med ökad effektivitet och ökat antalet mätpunkter som kan verifieras inom given cykeltid. Emellertid har man inte behandlat frågan om vilken åtgärd som skall göras för att rätta till problemet. Om åtgärden som krävs delas in i en manuell del och en automatisk del, kan processen effektiviseras genom att den automatiska delen kan göras direkt och således minska stopptiden.

Dagens fixturer är typbundna och fixerade. Detta gör att de inte är lämpliga för snabba justeringar och det är svårt att implementera automatiska system. AProC kommer att utveckla nya flexibla fixturer som öppnar möjligheter till anpassning till processjusteringar.

3.3 Fall studie

Målet för projektet är att utveckla verktyg och metoder för att kombinera effektiva in-line mätmetoder med beslutsstödjande system för manuella och automatiska processjusteringar och produktjusteringar. En sekundär uppgift för projektet är att utveckla teknik för flexibla fixturer som möjliggör fixturkorrigeringar vilka baseras på uppmätta geometriavvikelser. För att öka kvalité och effektivitet är det nödvändigt att både upptäcka fel och att ta bra åtgärdsbeslut. Fall studien består i att bygga en demonstrator cell på Chalmers där en labb-version av ett industriellt system för in-line verifiering. I systemet skall man kunna göra kvalitetsutvärdering samt testa algoritmer för beslutsstöd för lämpliga åtgärder. Beroende av typ av avvikelse, kan antingen manuella eller automatiska åtgärder väljas vilket resulterar i en fysisk ändring i den flexibla fixturen. Det case man valt att studera är tillverkningen av GOR-panel på Volvo S80 (enhet där framlamporna sitter infästa). Denna består av 9 paneler som punktsvetsas samman. Följande frågor kommer adresseras:

- Effektiva mätsystem
- Processlinje i labb skala för systemutveckling
- Metoder/algoritmer för beslutsstöd
- Station i labb skala för att testa korrigering åtgärder
- Nya flexibla riggar som möjliggör snabba processjusteringar

4 Syfte, frågeställningar och metod

4.1 Huvudsakligt syfte

Konkurrenskraften för företag i Europa är beroende av hög effektivitet och kvalité eftersom arbetskraftskostnaden är relativt hög. En nyckelfaktor för att uppnå detta är att ha en stabil och effektiv process tillsammans med en effektiv kvalitetssäkringsprocess. Erfarenhet visar att europeiska

produktionsprocesser har en fördel jämfört med lågkostnads länder. De har ett övertag när det gäller kunskap, verktyg och metoder att producera produkter med hög kvalitet till ett konkurrenskraftigt pris. För att behålla detta försprång är det nödvändigt att utveckla dessa områden för att inte lågkostnads länder skall komma ifatt. Detta är en förutsättning för att behålla produktion i Europa. AProC riktar in sig mot att utveckla metoder för kvalitetsförbättring och minskad ledtid/minskat behov för korrigerande åtgärder.

4.2 Huvudsakliga syfte för projektet

In-line verifisering i dagens processer behöver effektiviseras och man behöver utveckla metoder för automatisk processjustering. Det finns mätsystem för in-line verifisering, men de har begränsad tillämpning eftersom man inte hinner mäta alla kravsatta områden inom given cykeltid. Därför kommer endast ett begränsat antal områden bli verifierade. Det finns heller inga beslutsstödjande system idag utan man förlitar sig på operatörers erfarenhet. AProC syftar till att utveckla metoder för detta. Nedan beskrivs de olika delarna.

5 Mål

5.1 Generella projektmål

Projektet består av fem arbetspaket (WP) samt ett paket för rapportering. Pga ett brett scope på projektet valde man att dela upp det i två delar. Den första delen är en konceptstudie där man har som mål att utveckla effektiva metoder inom resp. WP områden. Dessa koncept skall verifieras var för sig. I del två skall de olika delarna sammanlänkas och automatiseras. Funktionaliteten skall kunna visas i demonstratorcellen.

5.2 WP 1: In-line mätning

I tidigare projekt har man utvecklat effektiva metoder för in-line mätning både med prob och beröringsfria system. Nästa steg har varit att kombinera mätsystem och robotsystem samt utveckla effektiva programmeringssätt för detta. I fas 2 ingår även att utveckla kommunikationsvägar för korrigerande åtgärder.

Mål/leverans:

- Demonstrator mätcell på Chalmers för beröringsfri robotbaserad in-line mätning samt effektiva metoder för off-line programmering av denna.

5.3 WP 2: Process analys

Process analys kan göras på många sätt. I AProC används Case Base Reasoning (CBR) metoden. Metoden bygger på att man bygger upp ett bibliotek med kända fall som kan uppträda i produktionsprocessen. Diagnoser, åtgärder samt utfall dokumenteras och systematiseras. När liknande fall uppkommer igen, så kan man lätt hitta lämpliga åtgärder i databasen och dessa presenteras för operatören. I del 1 av projektet skall funktionaliteten verifieras, i del 2 skall man bygga ihop den med mätning, åtgärd så man får en automatiserad lösning som skall implementeras i demonstratorn.

Mål/leverans:

- Metodik för CBR applicerat på geometrivarationer
- System implementerat och verifierat i demonstratorn (ej sammankopplat med mätsystem/flexibel rigg)

5.4 WP3: Korrigerande åtgärder

Idag utförs korrigerande åtgärder för att justera processen i huvudsak manuellt. För att minska ledtid och öka kvalitén behöver man antingen automatisera detta eller ge operatören bättre beslutsstöd. Detta kan uppnås på olika sätt, men en gemensam nämnare är att om man väljer operatörsberoende justering bör man följa Poka-Yoke filosofin alternativt bygga gynnsamma lösningar för automation. Detta WP kommer huvudsakligen adresseras i del 2 i detta projekt och därför rapporteras inte några resultat i denna första del.

Mål/leverans:

- Koncept för hur korrigerande åtgärder kan genomföras

5.5 WP 4: Flexibel fixturering

När man beslutat vilka korrigerande åtgärder som skall vidtas, behöver systemet ha möjlighet att genomföra dessa. I detta fall betyder det att sammansättningsfixturen måste ha flexibla referensspinnar så man kan justera positionen av ingående detaljer.

Mål/leverans:

- Utveckla koncept för flexibla fixturer
- Demonstrera funktionalitet av flexibla fixturer i demonstrator cellen

5.6 WP 5: Demonstratorcell

På Chalmers nya labb för produktionssystem har man byggt en demonstratorcell. I denna cell skall de andra WP kunna demonstreras och dess funktionalitet verifieras.

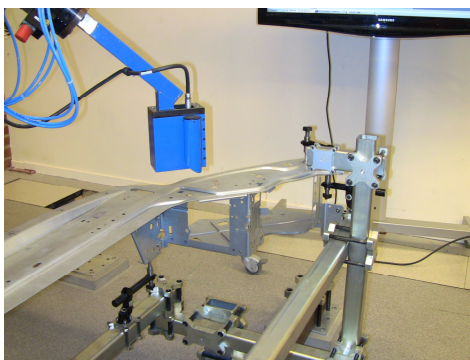
Mål/leverans:

- Bygga en fungerande demonstratorcell där man kan demonstrera/verifiera robotbaserad mätning inkl. off-line programmering, koncept med CBR teknik för process analys samt koncept med flexibla fixturer och korrigerande åtgärder.

6 Resultat och måluppfyllelse

6.1 In-line mätning

För att nå en effektiv in-line verifiering av det geometriska utfallet har man använt ett robotbaserat mätsystem från Zeiss (se figur 1).



Figur 1. Mätsystem

För att effektivt kunna generera program har metoder för off-line programmering av robot/mätsystem utvecklats. Dessa bygger på att man har en modul där man definierar vad som skall mätas och en annan modul där den optimala banan definieras för att få så kort cykeltid som möjligt. Detta görs automatiskt. Slutprodukten blir ett program som styr robot- och mätsystem. Då programmet är färdigt klan viss justering behövas i cellen för att kompensera för blänk m.m.

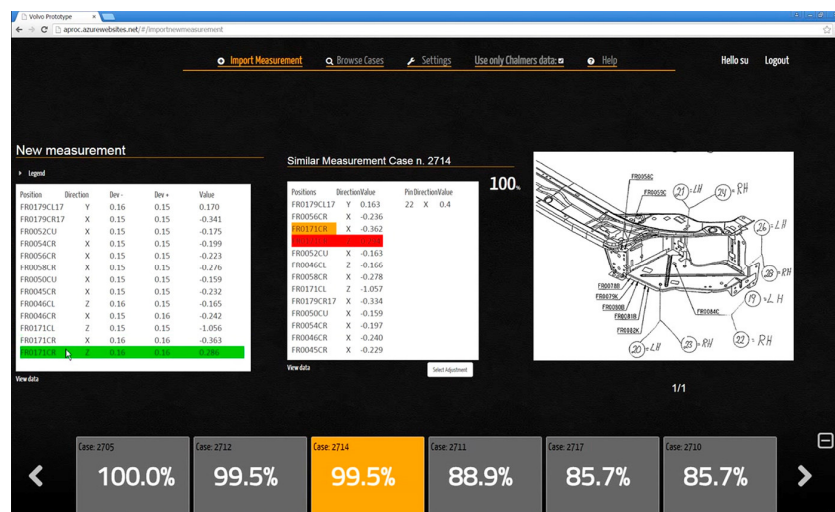
Resultaten har implementerats på Volvo Personvagnar och används idag i produktion. För Volvo innebär detta en besparing på upp till 1msek per program för stora program som t.ex. komplett golv map programmering. Tidsmässigt så gör man idag program ung. 5 gånger snabbare än tidigare. Vad gäller mättid så har man kunnat snabba upp processen med en faktor 6 för exemplet mätstation för golv komplett.

6.2 Process analys

I detta arbetspaket har vi byggt ett bibliotek med olika fall (48st) som kan uppträda i produktionsprocessen. Då man analyserar de olika fallen kan man se att både process och mätsystem är stabila och de variationer som uppstår kan förbättras genom användning av CBR systemet.

Vi har korskorrelerat de olika analyserna för de olika fallen och då kan vi se att samma fall matchar korrekt justering till 100% om vi jämför den fysiska justeringen mot den av systemet föreslagna. Då man tar bort fall från systemet och sedan testat motsvarande utfall, föreslår systemet det mest relevanta fallet för att justera processen. Då föreslår systemet det fall med mest lika matchning. T.ex. om den verkliga justeringen som behövs av en pinne är -0.4 och det finns fall på -0.3 samt -0.5 inlagda som fall i systemet kommer systemet att ge dessa justeringar som med 99% sannolikhet kommer fixa problemet. Interpolering mellan dessa fall kommer ytterligare att öka tillförlitligheten., men justering med antingen -0.3 eller -0.5 kommer att resultera i att produkten kommer att vara inom tolerans.

För varje ytterligare analys som görs läggs ytterligare fall till databasen vilket förbättrar analysmöjligheterna. Således är detta ett självlärande system vilket förbättras ju mer det används. I ett tidigare projekt (ITEA Create projektet) har CBR-konceptet utvecklats, men i AProC har det förädlats till att kunna hantera denna process och anpassats till demonstratorcellen. Systemet kan detektera variationer och föreslå åtgärder om resultaten ligger utanför givna toleransgränser.



Figur 2. Exempel på användargränssnitt från CBR-systemet där man identifierar lämpligt case och föreslår åtgärder baserat på case 2705

CBR systemet är integrerat med demonstrator cellen och kan hantera resultat som kommer från mätsystemet. Systemet är cloud baserat och därmed är det förberett för att kunna hantera resultat från flera olika stationer samtidigt.

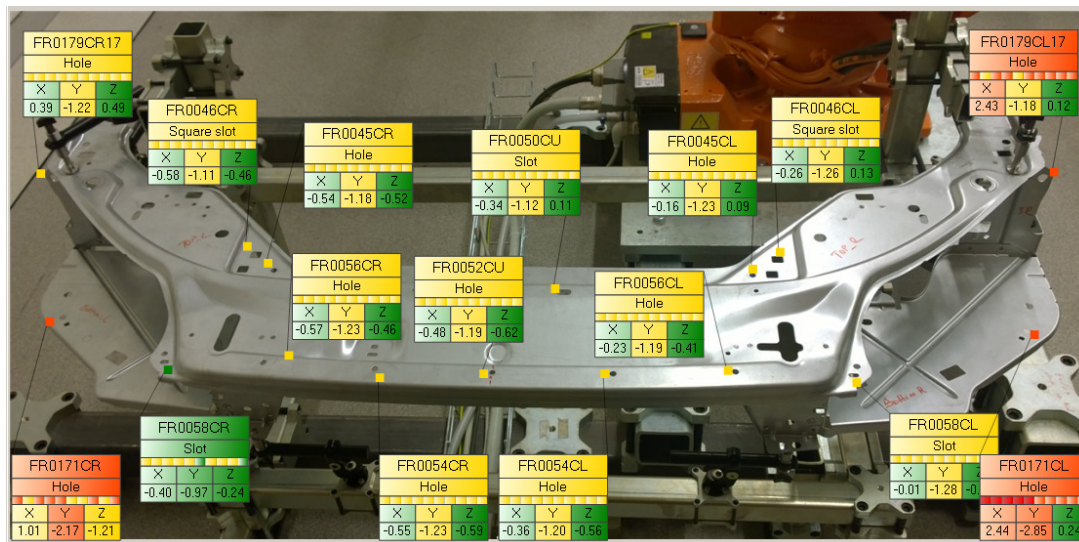
6.3 Korrigering åtgärder

Baserat på erfarenhet från det industriella fallet har man definierat kritiska parametrar. Dessa består av justeringspinnar vilkas läge ändras för att på sås sätt uppnå ett ändrat resultat för den färdiga produkten. Justeringsmånen av pinnarna är $\pm 0.5\text{mm}$ i varje riktning. Då ingående detaljer positioneras om, kommer detta påverka det geometriska utfallet av den sammansatta detaljen till att motsvara den spridning som observeras i produktionsutfallet. Man kan genom justering i den flexibla fixturen simulera de fall där man kommer utanför toleransgränsen och åtgärd krävs. Exempel på hur störningar genererar utfall utanför toleransområdet kan ses i tabell 1.

Tabell 1. Definition av korrigerande åtgärder i den flexibla fixturen.

Pin name	Direction	change from default	X	Y	Z	Meas No
22	X	0,5	1137,138	528,013	736,68	1
22	X	-0,5	1136,138	528,013	736,68	2
19	X	0,5	1138,316	527,691	735,447	3
19	X	-0,5	1137,316	527,691	735,447	4
25	X	0,4	1176,83	771,737	714,23	5
25	Y	0,4	1176,43	772,137	714,23	6
25	X	-0,4	1176,03	771,737	714,23	7
25	Y	-0,4	1176,43	771,337	714,23	8
27	X	0,4	1176,738	-	734,981	9
27	X	-0,4	1175,938	-	734,981	10
27	Y	0,4	1176,338	-	734,981	11
27	Y	-0,4	1176,338	-	734,981	12

Exempel på uppmätt variation kan ses i tabell 2 (fall Meas No 1 i tabell 1). Positionen av de olika mätpunkterna kan ses i figur 3.



Figur 3. Position av mätpunkter.

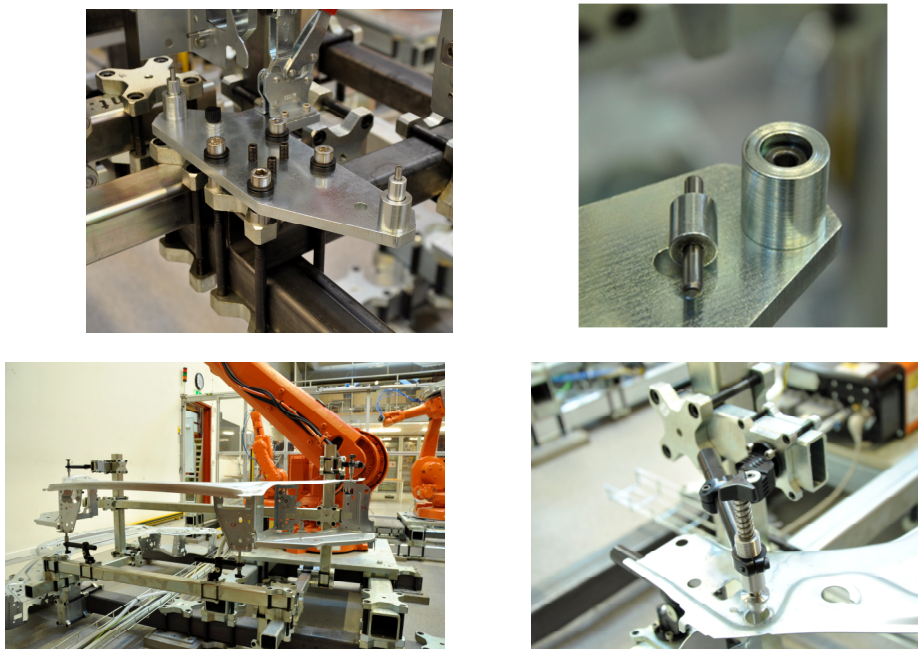
Tabell 2. Mätresultat från Meas. No 1 i tabell 1.

Feature Name	Deviation		
	X	Y	Z
FR0050CU	-0,01	-1,185	0,039
FR0045CL	0,061	-1,371	0,13
FR0054CL	-0,033	-1,26	-0,414
FR0056CR	-0,055	-1,229	-0,239
FR0171CR	0,655	-1,103	-1,246
FR0046CR	-0,03	-1,181	-0,528
FR0179CL17	0,947	-1,295	-0,264
FR0052CU	-0,085	-1,268	-0,505
FR0045CR	-0,028	-1,265	-0,583
FR0056CL	0,012	-1,248	-0,307
FR0179CR17	0,562	-1,081	-0,264
FR0058CL	0,076	-1,333	-0,148
FR0058CR	-0,208	-1,139	-0,046
FR0054CR	-0,073	-1,277	-0,391
FR0171CL	1,996	-1,489	-0,08
FR0046CL	0,031	-1,247	0,299

I tabell 2 framgår det att pinnen som justeras genererar geometriska variation som ligger utanför tolerans ($\pm 1\text{mm}$). Härmed visas att man kan uppnå produktionslika variationer genom justering av pinnarna i den flexibla fixturen.

6.4 Flexibel fixtur

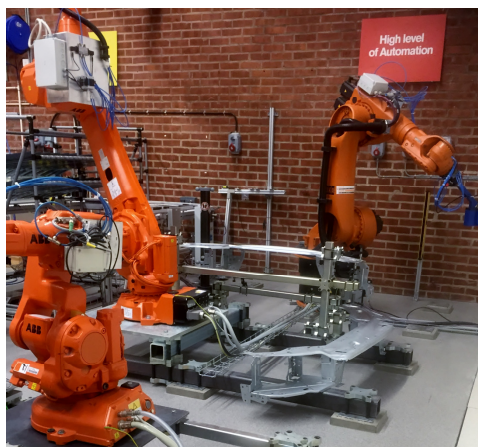
Konceptet för den flexibla fixturen utvecklades initiiellt till att passa manuell justering. I nästa fas kommer konceptet utvecklas mot att även automatiskt kunna justeras. Systemet består av ett ramverk baserat på BoxJoints lösningar med flexibla hållare. För att erhålla en modulär och flexibel lösning användes moduler heter Flexapod samt ett flexibelt mekaniskt pin system som heter Plug&play. Man använde sig av standardkomponenter för att hålla en låg prisnivå. Samma design filosofi användes i kontrollfixturen. Där användes D-flex enheter (figur 4), I både sammansättningsfixturen och kontrollfixturen kan man hantera alla de korrigerande åtgärder som är definierade i projektet. Dessa fixturer är kalibrerade i bilkoordinat och därmed är det en snabb process att mäta utfallet för de olika konfigurationerna.



Figur 4. Flexibel fixtur

6.5 Demonstratorcell

En demonstratorcell har byggts på Chalmers (se figur 5).



Figur 5. Demonstrator cell

Cellen består av en sammansättnings station och en kontrollstation.

Sammansättningsstation

Sammansättningsprocessen består av att alla ingående detaljer positioneras i den flexible fixturen genom att passa in styrrhål i styrpinnar. Man laddar först den tvärgående balken och sedan resterande detaljer i en bestämd ordning. När alla ingående detaljer är på plats skruvas de samman (genomgående bult i överstora

håll). När detaljen är sammansatt lyfts den manuellt över till kontrollfixturen där den kontrolleras. Detaljerna kan återanvändas efter de satts samman genom att skruvarna lossas.

Kontrollstation

I kontrollstationen placeras den sammansatta detaljen på dess referenspinnar och spänns in i enligt förutbestämt inspänningsschema. När detaljen är rätt positioneras mäts erforderliga kontrollpunkter med det robotbaserade mätsystemet som kan ses i figur 1.

Fixturernas repeterbarhet har verifierats genom att göra ett MSA test där två olika operatörer har laddat samma uppsättning detaljer 5 gånger vardera och mätts upp.

6.6 Leverans till FFI-mål

Snabb och effektiv geometrifiering krävs för att man skall uppnå hög kvalitet på sammansatta produkter. Tillsammans med en effektiv processjusteringsprocess kan man minska ledtiden eftersom man minskar justeringsbehovet och behovet av processjusteringar. AProC har utvecklat metoder och verktyg för in-line verifiering genom hela processkedjan – från mätkravsdefinition via off-line programmering till verifiering i mätstation. Vi har även utvecklat metoder och verktyg för processåterkoppling baserat på mätresultat som en reaktiv process. Härmed kan operatören få beslutsstöd genom att lämpliga korrigeringsåtgärder presenteras.

Metoderna är generella och kan tillämpas på alla typer av sammansättningsprocesser där geometriutfallet baseras på de ingående detaljernas inbördes placering.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Genom att presentera resultaten på konferenser, användning i industriella applikationer samt i utbildningen kommer erfarenheten av effektiva geometrisäkringsprocesser öka
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Ansökan om fortsättningsprojekt är inlämnad där man kommer fokusera på automatisering mellan de ingående delarna i AProC
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden	x	Delar av AProC är redan implementerade på Volvo
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

Initiativet "Industri 4.0" driver industrin mot mer automation och mer informationsutbyte mellan system i våra processer. AProC behandlar dessa frågor som strävar mot självjusterande processer som kan reagera på geometriavvikelse och korrigera dem före man behöver skrota tillverkade detaljer.

FFI-projekt som GAIS och TOMM2 behandlar också frågor i denna nisch – den intelligenta fabriken. Vidare finns kopplingar till projektet ARUM inom EU:s 7:e ramverk där man också behandlade frågor som den intelligenta fabriken.

7.2 Publikationer

Ilker Erdem, Henrik Kihlman, and Alf Andersson, Towards Agility Oriented Flexible Tooling in Automotive Industry, The 23rd International Conference on Production Research , Aug. 2-5, Philippines, 2015

Ivan Tomasic, Peter Funk, Potential synergies between case-based reasoning and regression analysis in assembly processes, Workshop on Synergies between CBR and Data Mining at 22nd International Conference on Case-Based Reasoning (CBRDM'14), Sep 2014

Ivan Tomasic, Alf Andersson, Peter Funk, Automating a car production line adjustments by using case-based reasoning, Swedish Production Symposium 2014 (SPS 2014), Sep 2014

Hamidur Rahman, User Guide for AProC CBR system, internal technical report, Mälardalen University, Nov 2015

Tomas Olsson, Ning Xiong, Elisabeth Källström, Peter Funk Fault Diagnosis via Fusion of Information from a Case Stream, 23rd International Conference on Case-Based Reasoning (ICCBR 2015), Sep 2015

Ning Xiong, Peter Funk, Tomas Olsson Representation and similarity evaluation of symbolic time series in uncertain environments, The Workshop on "Time in CBR" in the International Conference on Case-Based Reasoning (RATIC14), Sep 2014

8 Slutsatser och fortsatt forskning

AProC har uppfyllt de mål som definierats. Nästa steg blir att koppla ihop de ingående delarna i fas två (ny projektansökan inlämnad – AProCII). I AProC II behandlas hypotesen:

"Geometriverifieringsprocessen och korrigerande åtgärder kan automatiseras och interagera utan operatörsstyrda åtgärder för att hålla produkten inom givna toleranser".

För att inkludera andra typer av processer behöver man kunna identifiera en signal som påvisar att processen genererar produkter som är utanför givna toleranser. Kan sådana signaler identifieras kan CBR-metoden användas för att analysera lämpliga åtgärder. Kan kritiska parametrar automatiskt justeras kan metoderna utvecklade inom AProC tillämpas även på dessa processer.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner



Volvo Car Group:

Contact person: Alf Andersson – alf.kh.andersson@volvocars.com



Carl Zeiss Automated Inspection GmbH & Co. KG:

Contact person: Michael Scheffler - Michael.Scheffler@zeiss.com



ProdTex

Contact person: Henrik Kihlman – Henrik.kihlman@chalmers.se



Boxjoint

Contact person: Gilbert Ossbahr - gilbert.ossbahr@boxjoint.se



Chalmers Universiy

Contact person: Rikard Söderberg – Rikard.soderberg@chalmers.se



Fraunhofer Chalmers Centre

Contact Person: Johan Carlsson - johan@fcc.chalmers.se



Mälardalens University

Contact person: Peter Funk - peter.funk@mdh.se