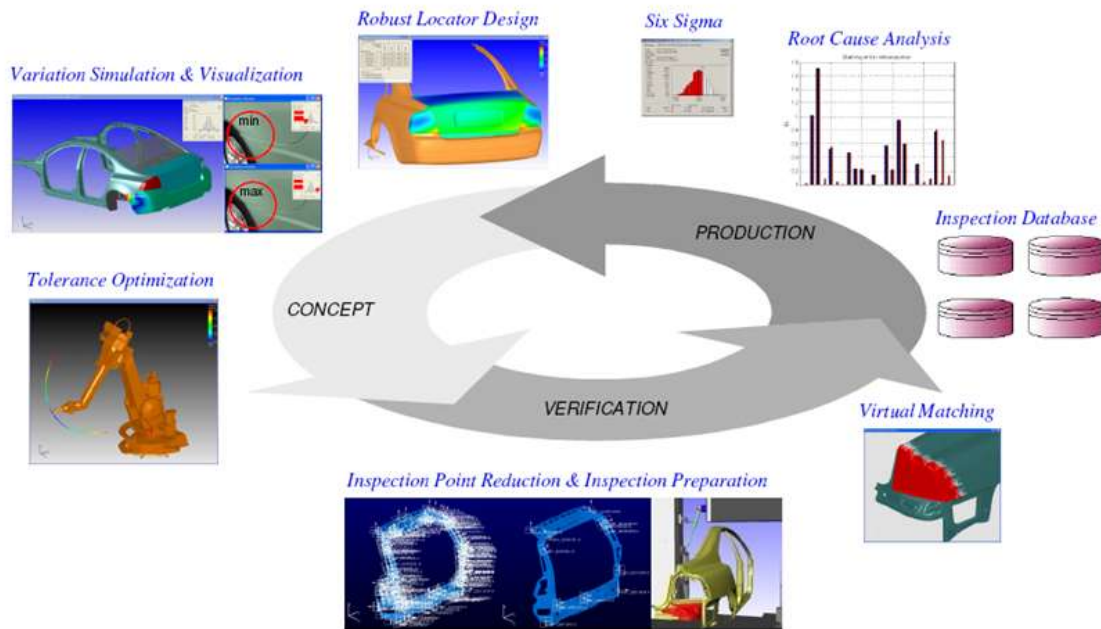


Virtuell Verifiering från formning till sammansatt detalj



Författare: Alf Andersson
 Datum: 131218
 Delprogram Hållbar produktionsteknik

Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	5
3. Syfte.....	6
4. Genomförande.....	7
4.1. WP 1: Virtuellt samprovning av icke stela sammansatta detaljer	7
4.2. WP 2: Sammansättningssekvenser av icke-stela detaljer	7
4.3. WP 3: Virtuellt analys av processkedjan från formning till sammansatt detalj	8
5. Resultat	8
5.1. Effektiva beräkningsmetoder för virtuellt sammansättning	8
5.2. Effektiv användning av mätdata som indata	9
5.3. Metodik för användning av formningssimuleringsresultat till virtuellt sammansättningsanalys	10
5.4. Metodik för analyser i tidigt skede genom att använda morphing-teknik	11
5.5. Förbättringar av noggrannheten genom analys av inspänningskrafter.....	12
5.6. Metodik för att minska modellstorlekarna	12
6. Relevans för projektet till programmet	12
6.1. Bidrag till FFI-mål	12
6.2. Unikhet och nyhetsvärde.....	13
7. Spridning och publicering.....	14
7.1. Kunskaps- och resultatspridning	14
7.2. Publikationer	14
8. Slutsatser och fortsatt forskning.....	15
9. Deltagande parter och kontaktpersoner	15

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på www.vinnova.se/ffi

1. Sammanfattning

Den internationella konkurrensen och globala krav på minskad användning av resurser driver ökade krav på en effektiv och hållbar bilindustri vilket kräver effektivare tillverkningssystem.

Möjligheten att kontrollera produkt-och produktionskoncept har potential att drastiskt minska behovet av fysiska prototyper och testserier. Dessutom kommer användningen av virtuella verktyg öka användningen av lätta material genom att det är möjligt att förutse konsekvenserna i ett tidigt skede av projektet. Med ökad användning av lättviktsmaterial, kommer vikten av bilkarossen minska och härmed också bränsleförbrukningen. Detta leder till effektivare och mer miljövänliga transportlösningar. En annan fördel är att den minskade användningen av prototyper och testserier kommer bidra till minskade kostnader, ledtider och resursbehov. Därför är det av högsta prioritet att utveckla verktyg och metoder för virtuell analys, optimering och verifiering av tillverkningsprocesser och produktionssystem.

Alla tillverkningsprocesser innebär variation som kan äventyra uppfyllandet av krav map montering, funktions och estetisk upplevelse, Det kan vara svårt att nå önskad form i alla områden. För de flesta tillverkningsprocesser, stiger kostnaden med ökade krav på minskad variation, vilket motiverar robust design och tillverkningskoncept. Detta projekt kommer att fokusera på virtuell utveckling och verifiering av plåt (icke styva) i alla tre faserna i produktframtagningsprocessen (konceptfasen, förproduktion och produktionsfasen).

Genom ökad robusthet i tillverkningsprocessen, kommer materialåtgång och energiförbrukning i tillverkningsprocessen minska på grund av minskad mängd skrot och omarbetningar relaterat till kvalitetsbrister. Minskad material -och energiförbrukning är bra ur miljösynpunkt med hänsyn till minskad användning av tillgängliga resurser och minskade utsläpp under produktionsprocessen. Dessutom kommer ökad produktkvalitet

stärka konkurrenskraften i svenskt näringsliv.

Projektet består av tre olika arbetspaket (förutom en för utbildning rapportering). Dessa tre arbetspaket behandlar olika områden som är nödvändiga för att uppfylla den totala omfattningen av projektet - virtuella metoder för verifiering av samtliga tre faser i produktframtagningsprocessen.

Alla enskilda mål från resp. WP i projektet har uppnåtts. Metodik och verktyg för virtuell verifiering från formning till komplett kaross har utvecklats under projektets gång. Tekniken är redo för implementering i begränsad omfattning. Begränsningarna är att man bara kan hantera delsammansatta enheter för ett begränsat antal ingående delar och storlek. Ytterligare utveckling behövs för att behandla en komplett kaross. Med beaktande av dessa begränsningar är det möjligt att göra virtuell verifiering av monteringsprocessen map punktsvetsordning, detaljvariation och monteringssekvens. Indata kan vara antingen från formningssimulering eller uppmätta detaljer.

När det gäller de övergripande projektmålen, kan resultatet ses nedan:

- En doktorsgrad

Resultat

Under projektet har fokus varit att utveckla ett arbetsverktyg. Doktoranden har fokuserat på att utveckla verktyg som kan implementeras i industriella applikationer. Under projektet siktar vi därför på licentiatexamen i Q1 2014.

- 7-8 granskade artiklar i internationella tidskrifter eller konferenser

Resultat

7 artiklar har publicerats i internationella vetenskaplig tidskrifter och konferenser.

- Minskad ledtid för geometrifiering av processen från formning till slutmontering med 20 %.

Resultat

Detta mål är svårt att mäta innan virtuell verifierings teknik har implementerats i bilprojekt. Eftersom teknikens möjligheter har bevisats i begränsad omfattning, är potentialen för att uppnå detta mål stor. Demonstratorerna i projektet visar att man avsevärt kan minska ledtiden i geometrifiering. En realistisk uppskattning är att minskningen kan vara högre än 20 % om du börjar från delmonterade detaljer istället för manuell analys och montering av varje enskild detalj. Detta kommer att implementeras i nästa bilprojekt.

- Minskad variation i kritiska dimensioner med 20 %

Resultat

Detta resultat är svårt att mäta innan virtuell verifierings teknik har implementerats i bilprojekt. Eftersom teknikens möjligheter har bevisats i begränsad omfattning, är potentialen för att uppnå detta mål stor.

2. Bakgrund

Alla tillverkningsprocesser innebär variation som kan äventyra uppfyllandet av krav map montering, funktions och estetisk upplevelse, Det kan vara svårt att nå önskad form i alla områden. För de flesta tillverkningsprocesser, stiger kostnaden med ökade krav på minskad variation, vilket motiverar robust design och tillverkningskoncept. Detta projekt kommer att fokusera på virtuell utveckling och verifiering av plåt (icke styva) i alla tre faserna i produktframtagningsprocessen (konceptfasen, förproduktion och produktionsfasen).

Projektet kommer att öka möjligheterna att använda lätta material med hjälp av tillförlitliga virtuella verktyg. Möjligheterna att testa konsekvenserna av nya material i en tidig fas projekt ökar acceptansen för användning. Ökad användning av lätt material kommer att minska vikten på bilen kroppen samt bränsleförbrukningen. Detta leder till effektivare och mer miljövänliga transportlösningar.

Användningen av virtuella verktyg kommer även att öka robustheten i tillverkningsprocessen. Då kommer material-och energiförbrukning i tillverkningsprocessen minska på grund av den minskade mängden av kassationer och omarbetningar relaterad till kvalitetsbrister. Minskad material -och energiförbrukning är bra ur miljösynpunkt med hänsyn till minskad användning av tillgängliga resurser och minskade utsläpp under produktionsprocessen. Dessutom kommer ökad produktkvalitet stärka konkurrenskraften i svenskt näringsliv.

I plåtformning och montering formas och sammansätts detaljer med olika geometriskt utfall vilket resulterar i geometrisk avvikelser. Under montering, spänns detaljerna fast i fixturer, punktsvetsas ihop och sedan släpps inspänningen. På grund av variation (från formningsprocessen) och fixturfel (på grund av slitage) kommer resultatet från slutmonteringen att avvika från dess nominella specifikation. Förmågan att analysera, optimera och kontrollera denna process är en viktig nyckel för att förbättra produktkvaliteten, minska ledtider, förbättra effektiviteten, minska materialanvändning och energiförbrukning och spara pengar.

Sätten att hantera variation, säker funktion, form och sammansättning, sker som ett antal aktiviteter under hela produktframtagningsprocessen. I konceptfasen utvecklas produkten och produktionskoncept. Produktkoncept analyseras och optimeras för att klara effekten av tillverkningsvariation och testas virtuellt mot tillgängliga produktionsdata. I denna fas optimeras produkten med avseende på robusthet och kontrolleras mot antagna produktionsystem genom statistisk tolerans analys. Ofta används Monte Carlo-simulering. Det visuella utseendet av produkten optimeras och produkttoleranserna allokeras ned till detalj-nivå. Optimering av styrcipinnar, support och monteringssekvenser som har en stor inverkan på den geometriska kvaliteten i slutmonteringen, det vill säga hur väl alla delar passar ihop och hur ytorna ska formas under monteringen, definieras i slutet av konceptfasen. Däremot uppfyller dagens kunskaper inte industrins krav och i

detta projekt kommer både metoder och virtuella verktyg att utvecklas ytterligare mot industriellt användbara metoder och verktyg för variationssimulering, sekvensanalys och optimering.

I förproduktion och produktionsfasen upptäcks fel som kan orsaka antingen funktionella eller estetiska problem. Ett vanligt förekommande sätt att kompensera för detta är att placera om komponenterna genom att justera sina styrcylindrar. Traditionellt görs detta genom att samla ett antal komponenter, mäta avvikelserna till omgivande delar, justering av lokaliseringarna, ommontering av komponenter och mäta resultatet. Detta upprepas tills resultatet är tillfredsställande, och är en ganska tid- och resurskrävande aktivitet. Vidare är det nödvändigt att beakta variationen i formningsprocessen. Utifrån mätdata från ursprungliga komponenter används variationssimulering till virtuell analys för lämpliga trimningsaktiviteter och detta utförs i det verktyg som presenteras i denna rapport. Emellertid är dessa metoder inte tillräckligt tillförlitliga ännu och kräver data från produktionen. För att öka användningen av virtuella verktyg, är det nödvändigt att förbättra tillförlitligheten samt att finna metoder för att använda verktygen utan behov av produktionsdetaljer / resultat. Om analysen kan grundas på virtuella resultat, är det möjligt att starta analysen tidigare i projektet och ger härmed input till projektet i ett tidigt skede. Nödvändiga förändringar är dyrare ju senare de genomförs i ett projekt, därför är det önskvärt att göra så mycket förändringar som möjligt i början av projektet. Förmåga att analysera och optimera hela processkedjan från formning till slutmontering, kräver både virtuella verktyg för varje enskild process och verktyg för kartläggning av resultat mellan samtliga ingående processer. Dessa verktyg är inte tillgängliga idag.

Projektet utnyttjar de resultat som finns tillgängliga idag och tar dem ett steg vidare för att kunna analysera och hantera även deformierbara (icke styva) komponenter och enheter. Projektet undersöker också och FEA, rutiner för materialkaraktärisering och hur man använder och visualiserar resultaten. Detta projekt kommer att utveckla virtuella verktyg och metoder för att koppla alla processer från att formning till montering av ingående sammansatta produkter (inklusive variation). Med dessa verktyg är det möjligt att analysera konsekvenserna av olika koncept val och konsekvenserna i produktion redan i underförproduktion. Detta kommer att leda till förbättrad kvalitet och minskar produktionsstörningar med färre kassationer och energiförbrukning som följd.

3. Syfte

Alla tillverkningsprocesser innebär variation som kan äventyra uppfyllandet av krav på monteringsfunktion och estetisk upplevelse. En annan fråga är svårigheterna att nå önskad form i alla områden. För de flesta tillverkningsprocesser, kostnaden stiger med krav på minskad variation, vilket motiverar robust design och tillverkningskoncept. Detta projekt kommer att fokusera på virtuell utveckling och verifiering av plåt (icke styva) i alla tre faser (konceptfasen, förproduktion, industrialiseringsfas) i produktframtagningsprocessen. En industriell doktorand ska utveckla / förbättra

befintliga virtuella metoder för att stödja den ovan nämnda produktframtagning processer med stöd från Volvo Personvagnar och Chalmers tekniska högskola.

4. Genomförande

Projektet består av tre arbetspaket med ett antal delområden som beskrivs nedan:

4.1. WP 1: Virtuellt samprovning av icke stela sammansatta detaljer

Vid montering av nytillverkade komponenter upptäcks formfel som kan orsaka antingen funktionella eller estetiska problem. Matchning är en process där formfel i enskilda delar kompenseras eller justeras genom att justera styvpinnar eller placering av enskilda ytor eller hål. I tidigare projekt har forskningsresultat om virtuell samprovning av stela detaljer presenterats. Detta projekt använder dessa resultat för att ta ett steg vidare för att utveckla verktyg och arbetssätt som även inkluderar samprovning av icke styva detaljer och sammansättningar.

Analys av böjning och deformation av icke styva detaljer och sammansättningar innefattar ofta användning av finita element analys (FEA). FEA är ofta mycket resurskrävande och måste därför optimeras för det särskilda ändamål. Inom FEA påverkas resultatet av typ och ordning av element som används liksom upplösningen av nätet. Dessa påverkar även beräkningstiden. I detta projekt kommer en industriell metodik för anpassande av lämpliga parametrar för icke – stel matchning utredas och föreslås. Detta omfattar även metoder för att modellera monteringsprocessen.

Effektiv användning av forskningsresultat kräver bra sätt att kommunicera och visualisera analysresultaten. I tidigare arbete har färgkoder, pilar och justeringsanvisningar föreslagits för att kommunicera analysresultat till användbara åtgärder. Här kommer dessa idéer att vidareutvecklas till att även omfatta icke - stel matchning och matchning av ytor.

4.2. WP 2: Sammansättningsekvenser av icke-stela detaljer

Sammansatta plåtar punktsvetsas ofta ihop. Inom bilindustrin är hundratals detaljer sammanfogade med tusentals punktsvetsar. Positionen, antalet svetsar och svets ordning har en stor inverkan på hur väl alla delar passar ihop och hur ytorna ska deformeras under monteringen.

En annan faktor som påverkar är styr-och supportpinnar delar och hur detaljerna kläms ihop under montering. Det är också viktigt att betrakta den sekvens i vilken plåtdelar är hopmonterade som liksom påverkar den slutliga geometriska kvaliteten hos produkten.

I detta projekt kommer dessa frågor att behandlas och forskargruppen kommer att

vidareutveckla industriellt användbara metoder och verktyg för de ovan nämnda problemen.

4.3. WP 3: Virtuellt analys av processkedjan från formning till sammansatt detalj

Virtuella verktyg för analys av hela processkedjan, från formning till slutmontering, kräver både virtuella verktyg för varje enskild process samt verktyg för kartläggning av resultat mellan ingående processer. WP 1 och WP2 fokuserar på de enskilda processerna medan WP 3 fokuserar på kopplingar och integrationer mellan olika processer.

Virtuell formnings analys är idag en etablerad teknik. Dock är återfjädring (geometri variation efter formning) fortfarande en svår effekt att förutse. Dessutom behöver variationsanalys ingå i analysen.

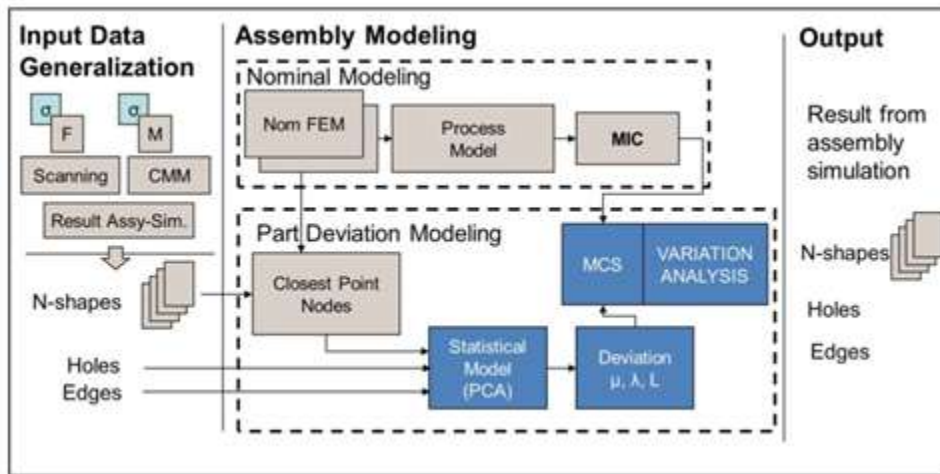
För att kunna använda resultaten från formningsanalysen är en effektiv metod för kartläggning av resultat, både vad gäller geometri efter formningsprocessen och variation nödvändig. Dessutom är det nödvändigt att inkludera annan form av indata som ska hanteras av monteringsanalys (simulering, mätdata etc.)

I det här projektet kommer metoder och verktyg utvecklas för att hantera denna analys.

5. Resultat

5.1. Effektiva beräkningsmetoder för virtuell sammansättning

Under projektets gång har nya metoder för effektiva beräkningsmetoder för monteringsprocesser avseende ingående detaljvariation utvecklats. Metodiken kan ses i figur 1.

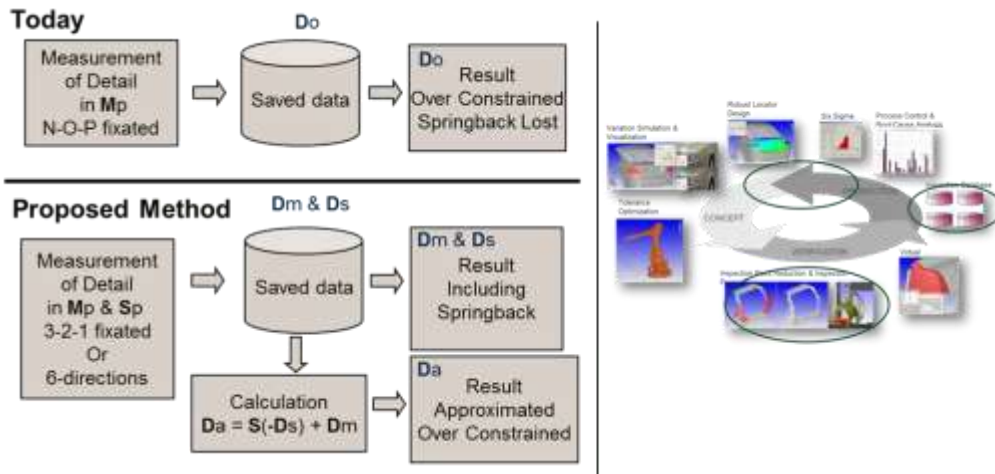


Figur 1. Allmän beskrivning av beräkningsmetoden (Lindau et al, 2013).

Denna teknik innebär att indata till monteringsmodellering kan komma från antingen mätdata som beskrivs av skannad data eller diskret data. En annan typ av indata kan vara data från virtuella verktyg som plåtformningssimulering. Genom att använda nominella modeller som bas, kan de uppmätta resultaten användas oberoende av källa och härmed har ett effektivt beräkningsverktyg skapats. Genom att använda om förenklade statistiska modeller, blir beräkningarna effektiva.

5.2. Effektiv användning av mätdata som indata

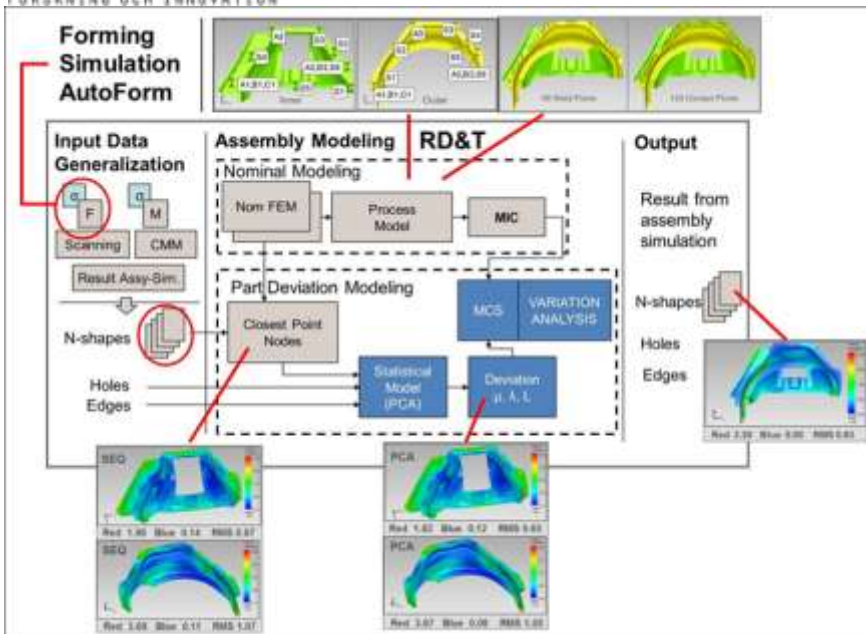
För att få rätt indata från produktionsdata, är det viktigt att utgå från en situation som inte är överinspänd. Om startvillkoret av de ingående detaljerna är överinspända, kommer de inre spänningarna inte inkluderas i monteringsanalysen och härmed skulle analysen inte vara korrekt. Därför har en teknik utvecklats för enkel omvandling från icke-överinspänd tillstånd till ett överinspänd tillstånd. Härmed kan mätning av icke-överinspända delar lätt omvandlas till en överinspänd tillstånd och resultat kan levereras till både virtuella analys och rapport av en del avvikelser baserad på samma mått. En beskrivning av tekniken kan ses i figur 2.



Figur 2. Beskrivning av tekniken att överföra icke-överinspända mått till över-insända mätningar (Lindau et al, 2012).

5.3. Metodik för användning av formningssimuleringsresultat till virtuell sammansättningsanalys

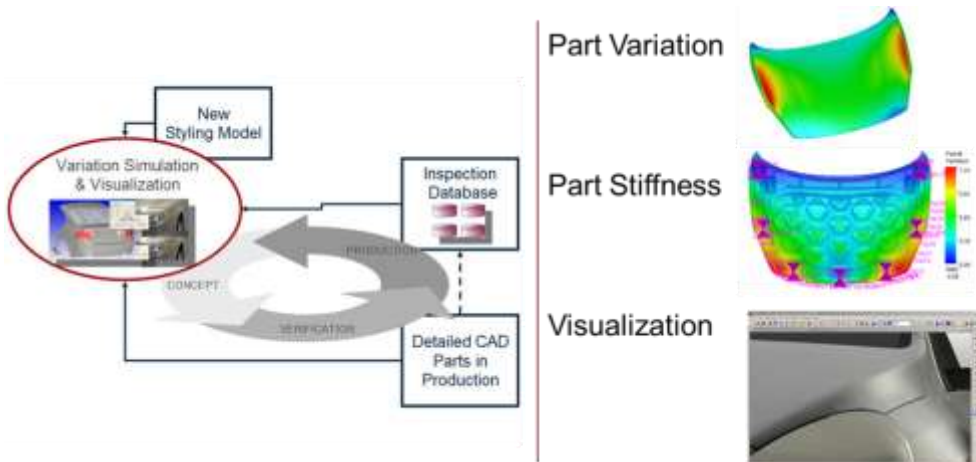
En annan källa för indata är att utgå från plåtformningssimuleringar. Teknik för att använda denna källa har utvecklats under projektet och har visat sig fungera även inkluderat variation från formningsoperationen. Studien är baserad på numeriska data och ingen kontroll till producerade detaljer har gjorts. Dock visar resultaten att metoden fungerar och sedan resultaten från virtuell monteringsanalys, baserad på uppmätta data, visar god överensstämmelse mellan numeriska och praktiska resultat. Slutsatsen är att om resultaten från formningssimuleringarna är pålitliga, är resultaten från monteringsanalys det med. Figur 3 beskriver den ovan nämnda metoden. I denna studie har det också visat sig att använda en förenklad modell med PCA-teknik var lyckad.



Figur 3. Metodik för att använda plåtföringsmodellering som bas för virtuell monteringsanalys (Lindau et al, 2012).

5.4. Metodik för analyser i tidigt skede genom att använda morphing-teknik

Hittills har virtuella analyser av monteringen utförts i en fas i ett projekt som kräver att detaljens design är klar. Det skulle vara fördelaktigt att ha förmåga att förutsäga monteringen redan i designfasen. Metodik för detta har tagits fram i projektet med hjälp av morphing teknik i tidiga skeden på designmodeller. Tekniken beskrivs i figur 4 och med denna teknik kan visualisering av variationen av ingående delar ses baserat på deformerbara modeller.



Figur 4. Beskrivning av analyser i tidiga skeden (Wagersten et al, 2013).

5.5. Förbättringar av noggrannheten genom analys av inspänningskrafter

För att förbättra noggrannheten i resultaten i den virtuella analysen av monteringsprocessen, har en studie av effekten av inspänningskrafter gjorts. För att förbättra den virtuella beskrivningen av inspänningskrafterna, har en metod för att inkludera korrekta inspänningskrafter i den virtuella monteringsanalysen gjorts. Resultaten visar att det är nödvändigt att inkludera en förbättrad beskrivning av spännkrafterna i modellen (Lindau et al, 2013).

5.6. Metodik för att minska modellstorlekarna

En stor begränsning är modellstorleken. När monteringsstrukturernas komplexitet ökar, ökar modellstorlekarna väldigt mycket. Därför pågår en studie för att hitta en alternativ beräkningsmetod för att minska modellernas storlek.

6. Relevans för projektet till programmet

6.1. Bidrag till FFI-mål

Ökade krav på en effektiv och hållbar bilindustri, som drivs av den internationella konkurrensen och globala krav på minskad användning av resurser, kräver effektivare tillverkningsystem.

Möjligheten att virtuellt verifiera produkt-och produktionskoncept har potential att drastiskt minska behovet av fysiska prototyper och testserier. Dessutom kommer virtuella verktyg öka användningen lätt material eftersom det är möjligt att förutse konsekvenserna i ett tidigt skede av projektet. Med ökad användning av lättviktsmaterial, kommer vikten av bilkarossen minska och härmed också bränsleförbrukningen. Detta leder till effektivare och mer miljövänliga transportlösningar. En annan fördel är att den minskade användningen av prototyper och testserier vilket kommer att minska kostnader, tid och resurser. Därför är av högsta prioritet att utveckla verktyg och metoder för virtuell analys, optimering och verifiering av tillverkningsprocesser och produktionssystem. Detta bidrar till att programmets mål för minskad vikt av fordon, ökad användning av virtuella verktyg i konstruktionsprocessen och högre produktivitet i konstruktionsprocessen.

Med ökad användning av virtuella verktyg, är det möjligt att utveckla processer som är mer robusta och genererar mindre avvikelse från nominella värden. Genom ökad stabilitet i tillverkningsprocessen kommer material-och energiförbrukningen i tillverkningsprocessen minska vilket beror den minskade mängden skrot och omarbetningar på grund av kvalitetsbrister. Dessutom kommer den ökade kvaliteten också öka konkurrenskraften för svenska produkter och stärka den svenska industrin. Detta bidrar till målet för minskad miljöpåverkan av tillverkningsprocessen.

Kunskap och resultat från projektet är inte enbart direkt överförbara till andra bilföretag

utan också till andra industrisegment såsom bygg, anläggning och biotech. Framgång i att nå målen för projektet kommer att öppna upp nya möjligheter för forskning och nya marknader. Vidare förväntas ökat långsiktigt samarbete med partners från nya segment.

Forskargruppen har en bra meritlista när det gäller projektledning, forskning, överföring och tekniskt genomförande.

6.2. Unikhet och nyhetsvärde

Forskningsfronten vad gäller virtuell geometrisäkring tar inte hänsyn till processer utanför monteringen. Härmed är indata beroende på antingen data från tidigare erfarenheter eller data från mätningar vilka uppnås sent i projektfasen (när try-out detaljerna finns tillgängliga). För att ta ett steg framåt och att till fullo utnyttja potentialen av virtuella verktyg, är det nödvändigt att hitta verktyg / metoder för att få formningsprocessen att ingå i indatagenereringen för en virtuell geometrisäkringsprocess. Härigenom är det möjligt att ha en sluten virtuell slinga tidigt i projektfasen och till fullo dra nytta av de virtuella verktygen. Det är inte nödvändigt att vänta på att prova detaljer.

När det gäller monteringsanalys, är det möjligt att hantera detaljvariation i monteringsprocessen samt punktsvetsplacering. Dock behöver tekniken vidareutveckling och därför är en annan uppgift i detta projekt:

- Ta med fler processer i den virtuella analysen (t ex monteringssekvens, klämsekvens , punktsvetssekvens)
- Optimering av processen.
- Förbättrade simuleringsmodeller

Sammantaget kommer detta att förbättra noggrannheten och användbarheten av den virtuella analysen.

Minskning av ledtiden med effektivare metoder och förbättrad kommunikation av resultat kommer att bredda acceptansen för den nya virtuella tekniken och även bidra till att förbättra den gemensamma kunskapsnivån. Enklare tolkning av resultat och möjlighet till djupare analys av styrande mekanismer i geometrisäkring processen kommer att förbättra både kvalitet och robusthet av produkter och processer.

7. Spridning och publicering

7.1. Kunskaps- och resultatspridning

Resultaten har delats ut via nationella och internationella konferenser och tidskriftsartiklar. Dessutom har resultaten presenterats på öppna nationella seminarier vid Wingquist Laboratory vid Chalmers. Forskargruppen på Chalmers har arbetat tillsammans och utnyttja den kunskap från olika områden för att flytta forskningsfronten framåt i deras respektive område.

Dessutom har resultaten införts i projekt hos Volvo Personvagnar med gott resultat.

Under projektets gång har kontinuerlig utbildning av personalen vid Volvo Personvagnar gjorts. Resultaten har också använts i utbildningen av masterstudenter på Chalmers.

7.2. Publikationer

Lindau B., Andersson A., Lindkvist L., and Söderberg R., 2012, Statistical shape modeling in virtual assembly using PCA-technique, 4th CIRP Conference on Assembly Technologies And Systems, Ann Arbor, USA.

Lindau, B., Lindkvist, L., Andersson, A. and Söderberg, R., 2013, Statistical Shape Modelling in Virtual Assembly, using PCA-Technique, Journal of Manufacturing Systems.

Lindau, B., Lindkvist, L., Andersson, A. and Söderberg, R., Body In White Geometry Measurements of Non-Rigid Components, a Virtual Perspective, ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, IDETC/CIE 2012, August 12-15, 2012, Chicago, IL, USA

Lindau, B., Lindkvist, L., Andersson, A. and Söderberg, R., Using Forming Simulation Results in Virtual Assembly Analysis ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, ASME, IMECE 2012, November 9-15, 2012, Houston, Texas, USA

Wagersten, O., Lindau, B., Lindkvist, L., Söderberg, R., Using Morphing Techniques in Early Variation Analysis, ASME 2013 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, IDETC/CIE 2013, August 4-7, 2013, Portland, Oregon, USA

Wagersten, O., Lindau, B., Lindkvist, L., Söderberg, R., Using Morphing Techniques in Early Variation Analysis, 2013, Journal of Computing and Information Science in Engineering

Lindau, B., Lindkvist, L., Wärmefjord, K., and Söderberg, R., Aspects of fixture clamp modeling in non-rigid variation simulation of sheet metal assemblies. ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, IMECE 2013, November 13-21, San Diego, California, USA.

8. Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har utvecklat funktionalitet för att använda formningssimulering som indata till monteringsmodellering och utvecklat tekniker för att inkludera variationer i analysen. Under projektets gång har många frågor dykt upp som har behandlats. Härmed har kompletterande metoder för ökad effektivitet i den virtuella monteringen utvecklats och även tekniker för användning av olika indatakällor. Dessutom har man arbetat med att utveckla analysmetoder i designfasen (där endast grova modeller finns) baserat på deformerbare detaljer inlett.

Men stora datamodeller är en återstående begränsning, som begränsar användningen av den utvecklade tekniken. Det här problemet adresseras genom analys av metoder för att minska modellstorlek, ökad noggrannhet av resultaten, tillsammans med mer effektiva beräkningsmetoder.

Förslag till nya forskningsfrågor:

- Hur kan vi förbättra effektiviteten i beräkningen för analys av komplett kaross?
- Hur kan vi inkludera icke-metalliska delar i analysen?
- Hur kan vi förbättra noggrannheten i resultaten genom förbättrad beskrivning av indata?
- Optimering av monteringsprocessen

9. Deltagande parter och kontaktpersoner

Chalmers Tekniska Högskola , Volvo Car Corporation



Kontakt person: Alf Andersson, alf.kh.andersson@volvocars.com