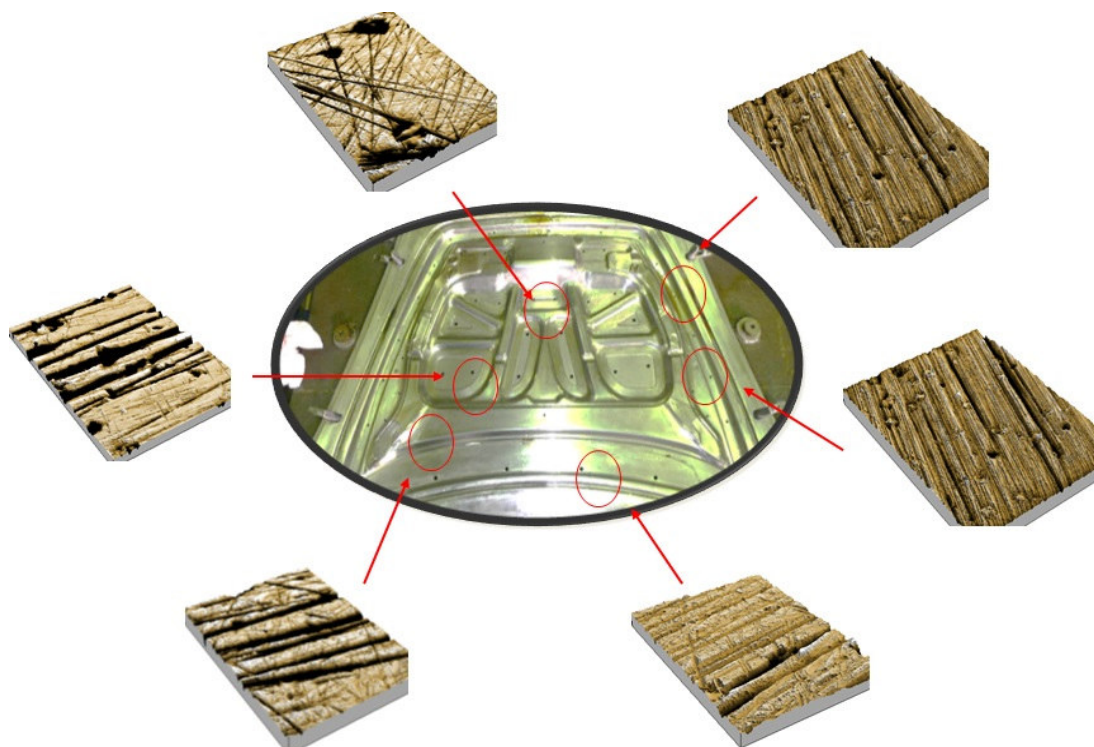


# OptiDies - En optimal verktygsyta för aktiva kallbearbetningsverktyg



Författare: Kenneth Kjellsson Volvo Personvagnar, Daniel Wiklund, Swerea IVF, Elisabeth Sagström, Swerea IVF, Johan Berglund, Swerea IVF, Magnus Liljengren, IUC Olofström och Mikael Kjellberg, IUC Olofström

Datum: 2012-09-30

Delprogram Hållbar Produktion



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

## Innehåll

<b>1. Sammanfattning</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Syfte</b> .....	<b>5</b>
<b>4. Genomförande</b> .....	<b>6</b>
<b>5. Resultat</b> .....	<b>9</b>
5.1 Bidrag till FFI-mål .....	9
<b>6. Spridning och publicering</b> .....	<b>10</b>
6.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	10
6.2 Publikationer .....	11
<b>7. Slutsatser och fortsatt forskning</b> .....	<b>13</b>
<b>8. Deltagande parter och kontaktpersoner</b> .....	<b>15</b>

### 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](http://www.vinnova.se/ffi)

## 1. Sammanfattning

Ökad användning av formade komponenter i avancerade höghållfasta stål (AHSS) är en viktig nyckel för att sänka vikt på fordon. Lägre vikt på fordon är en förutsättning för att nå FFI Hållbar Produktionstekniks mål att väsentligt bidra till att reducera utsläppen av fossilt CO<sub>2</sub> och övriga emissioner från säkra vägfordon och arbetsmaskiner genom att skapa förutsättningarna för tillverkning av innovativa miljövänliga och säkra produkter.

Dock ger formning av AHSS ett ökat slitage på formverktygen, vilket ökar produktionskostnaden och minskar produktiviteten om inte någon ändring görs. OptiDies har genom ett tvärvetenskapligt angreppssätt tagit fram ny generisk kunskap och industriellt implementerbara resultat vars effekt är att istället minska produktionskostnaden och öka produktiviteten.

OptiDies har skapat ny, djup förståelse för det kompletta tribologiska systemet vid formning av AHSS. De kompetenser som involverats är: tribologiskt system, plåt- och verktygsmaterial, nya metoder för tillverkning av formverktyg, numerisk analys och kostnadsmodellering.

### *Genomförande*

Forskningsarbetet i projektet har genomförts i tre arbetspaket:

- Funktionella verktygsytor Formning
- Funktionella verktygsytor Klippning
- Ekonomimodell totalkostnad för verktyg

Alla arbetspaketen har i stort sett haft samma angreppssätt/kartläggning av:

1. industriell state-of-practice
2. uppställande av hypotes baserad på industriell state-of-practice
3. semi-industriella eller numeriska tester för att prova hypotes
4. analys och slutsatser baserade på hela kedjan, industriell state-of-practice – hypotes och tester.

I alla steg har den gemensamma kunskapen/erfarenheten hos projektmedlemmarna använts. Alla arbetspaketen har genererat resultat och rekommendationer samt ökat förståelsen för det komplexa tribologiska systemet.

### *Funktionella verktygsytor Formning.*

Syftet var att utveckla strategier för att karakterisera funktionella yttopografier, modellera det tribologiska systemet för att kunna prediktera friktion och slitage samt optimera formande verktygsytors tribologiska funktion vid tillverkning.

### *Funktionella verktygsytor Klippning*

Syftet var att ta fram rekommendationer för robusta klipprocesser genom att undersöka problemområden i industriella klippverktyg och optimera ytor på klippande verktyg.



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

### *Ekonomimodell totalkostnad för verktyg*

Syftet var att minska totalkostnad för formande och klippande verktyg genom att ta fram metodik för att tidigt kunna bedöma hur val verktygsmaterial och yta på aktiva formande delar påverkar investerings- och underhållskostnad för verktyget.

### ***Resultat och effekter***

Direkta leveranser från OptiDies är

- Förbättrade verktygskoncept som ökat möjligheterna att tillverka komponenter i AHSS
- Industriella rekommendationer för val av material och yta i formnings- och klippverktyg
- Funktionella verktygsytor anpassade för formning
- Funktionella ytor anpassade för klippkanter samt gränser för klippvinklar
- Metodik för att beräkna totalkostnad för ett formverktyg under dess livslängd
- Ett förstärkt kompetensnätverk för formverktyg med medlemmar både från akademi, institut och industri.

De industriella effekter som förutses baserat på den kunskap OptiDies byggt om det kompletta tribologiska systemet:

- 20 % reducerad kostnad och ledtid för verktygstillverkning
- 20 % ökad produktivitet genom minskade stillestånd och lägre underhållskostnader
- Förbättrade verktygskoncept ger ökade möjligheter för produktion av detaljer i AHSS material

### ***Kunskaps- och resultatspridning***

Kunskap från OptiDies har spridits både genom akademiska och industriella nätverk. Projektet har bidragit direkt till en licentiatavhandling och indirekt till en doktorsavhandling. Resultaten har presenterats i två tidskriftsartiklar, fyra presentationer på internationella konferenser, fyra presentationer på nationella seminarier samt genom två industriella nätverk.

## 2. Bakgrund

Ökade krav på produkter såsom lägre vikt, ökad säkerhet och lägre utsläpp betyder att användningen av AHSS, avancerade höghållfasta stål (plåtmaterial som höghållfasta stål HSS, extrahöghållfasta stål EHSS och ultrahöghållfasta stål UHSS) i hytt- och karosskomponenter ständigt ökar. Att forma avancerade höghållfasta stål utan tillsatssmörjning ökar både abrasivt och adhesivt slitage av formverktyget till ej acceptabla nivåer vilket i sin tur kräver dramatiska förbättringar av verktygskoncepten.

Verktygskoncept inkluderar såväl val av verktygsmaterial, texturering av ytan, värmebehandling och ytbeläggning som val av tillverkningsprocess för verktyget. Utmaningen har under många år resulterat i forskningsaktiviteter både inom akademi och inom industri. Dock studeras de olika forskningsfrågorna ofta separat vilket gör att man sällan hittar en optimal lösning för formverktyg. För att hitta den optimala lösningen behöves ett tvärvetenskapligt förhållningssätt med många olika kompetenser.

Dagens rekommendationer för verktygstillverkning täcker de plåtmaterial som finns i dagens produktion samt de som ligger i närmast i tiden. Men användningen av avancerade plåtmaterial kommer att öka för att klara framtida krav på lättvikt och säkerhet. Det finns därför behov av att fortsätta utveckla verktygskoncept, tillverkningsmetoder och rekommendationer med fokus på det tribologiska systemet för att matcha kraven från 2015 års hållbara pressverkstad.

## 3. Syfte

Ökad användning av höghållfasta plåtmaterial i fordonen är en förutsättning för att nå FFI Hållbar produktionstekniks mål på reducerade fossila CO<sub>2</sub> utsläpp, genom samtidig minskad vikt och ökad säkerhet i fordonen. Utmaningen att tillverka pressverktyg för formning och klippning av AHSS utan ökat verktygsslitage kräver en tvärfunktionell forskningsinsats.

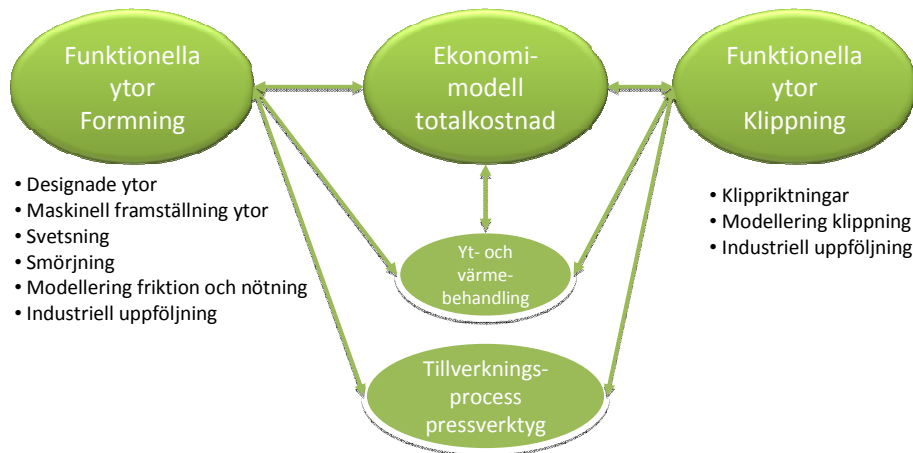
OptiDies syfte har varit att skapa en djup förståelse för det kompletta tribologiska systemet vid formning och klippning av plåt via tvärvetenskapliga angreppssätt. Kompetenser inom tribologiska system, plåt- och verktygsmaterial, nya metoder för tillverkning av formverktyg, numerisk analys och kostnadsmodeller har krävts.

## 4. Genomförande

Forskningsarbetet i OptiDies har utförts i tre arbetspaket

- Funktionella verktygsytor Formning
- Funktionella verktygsytor Klippning
- Ekonomimodell totalkostnad för verktyg

Figur 1 illustrerar övergripande arbetspaketen och dess samhörighet.



Figur 1 Det totala tribologiska systemet vid klippning och formning av plåt har många ingående påverkande faktorer.

Arbetspaketen har använt angreppssättet

1. kartläggning av industriell state-of-practice
2. uppställande av hypotes baserad på industriell denna
3. semi-industriella eller numeriska tester för att prova hypotes
4. analys och slutsatser baserade på hela kedjan, industriell state-of-practice – hypotes och tester.

Projektmedlemmarnas gemensamma kunskap och erfarenhet har bidragit i alla delar av genomförandet.

Från början i projektet fanns det 6st företag (VCC, Volvo Truck, SAAB, Scania, SKF, Finnveden) som har formning och klippning av plåt som del av sin produktionsprocess. Skillnader i såväl volymscenarierna som komplexitetsnivå och plåtmaterialkvaliteterna är betydande mellan produktionsprocesserna hos de olika företagen.

## 4.1 Funktionella verktygsytor formning

Syftet med arbetspaketet var att:

- utveckla strategier för att karakterisera funktionella yttopografier
- modellera det tribologiska systemet för att kunna prediktera friktion och slitage
- optimera formande verktygsytors tribologiska funktion under tillverkningen

### Robusta och funktionella yttopografiska parametrar

Syftet med studien var att identifiera robusta och funktionella yttopografiska parametrar och mätstrategier för formningsverktyg. Genom att identifiera vilka delar i yttopografien som inverkar på verktygsslitage, samt hur de kan beskrivas och mätas, så kan kostnader och ledtider reduceras vid tillverkning och underhåll. Med andra ord, ökad kunskap och förbättrade strategier skapar förutsättningar för att lämpliga insatser genomförs i rätt tid med väl avvägd arbetsinsats.

Studien genomfördes i tre delar, en industriell kartläggning av produktionsverktyg och två semi-industriella försöksserier. Slutligen kunde robusta filtreringsmetoder samt parametrar identifieras genom att lägga samman resultaten ifrån de tre delstudierna.

### Tribologiska systemet för formningsverktyg

Syftet med arbetspaketet var att skapa en ökad förståelse för det totala tribologiska systemet vid plåtformning, samt att öka förmågan att prediktera friktion och slitage. Detta arbete genomfördes delvis som ett samarbete mellan två projekt, OptiDies och SimuParts. SimuParts var ett projekt som finansierades av Stiftelsen för Strategisk Forskning inom programmet Proviking, 2009-2012.

I detta arbete har det tribologiska systemet modellerats med avseende på friktion. Resultatet är en modell som tar hänsyn till både plåtens och verktygets ytfinhet och texturriktning, plåtens hårdhet, smörjmedlets viskositet samt processparametrar såsom glidhastighet och tryck. Modellen har även implementerats i en kommersiell FE-programvara (LS-Dyna) som en användarmodul.

I OptiDies initierades också ett arbete för att kunna prediktera slitage med hjälp av FE-simulering. Baserat på den framtagna variabla friktionsmodellen kunde den genererade friktionsenergin beräknas under formning.

### Optimering av formande verktygsytor

- *Funktionella maskinellt framställda ytor*  
Syftet med studien var att undersöka olika frässtrategiers inverkan på friktion och att med maskinell bearbetning försöka skapa ytor vars funktion liknar polerade ytors tribologiska egenskaper. Om verktyg med fungerande ytor kan skapas redan i den maskinella bearbetningen kan tid sparas i efterföljande tillverkningssteg, till exempel genom minskat behov av manuell polering.

- *Svetsning maskinellt framställda ytor*  
Syftet med denna studie var att undersöka om yttopografiska förändringar uppstår när man applicerar en maskinellt framställd yta på ett svetslagat stål. Svetsning används frekvent vid såväl nytillverkning som vid underhåll. Vid nytillverkning används svetsning för att justera bland annat spel och geometrier, vid underhåll används svetsning för att laga defekta verktyg eller justera designade geometriförändringar. Detta medför att substratmaterial och svetsmetodik måste ha de egenskaperna som eventuella efterföljande operationer såsom maskinella bearbetningar, värmebehandlingar, nitreringar och beläggningar kräver.
- *Godkända defekter på aktiva ytor*  
Syftet med arbetspaketet var att undersöka om repor som uppstår vid tillverkning av formverktyg (exempelvis sliprepor, fräsrepor, skador) ger samma effekt som nodulgruppar när den aktiva arbetande ytan har en kontrollerad ytjämnhet.
- *Laserhärdning*  
Syftet var att undersöka möjligheten till att minska tillväxten på ytan d.v.s. minska härdjupet med bibehållen martensitisk ytstruktur där den efterföljande manuella poleringen reduceras. Ythärdning med hjälp av laser eller induktion är en vanligt förekommande ythärdningsmetodik för såväl formverktyg som klippverktyg.
- *Nitrering*  
Syftet med studien var att öka förståelsen för föreningszonens utseende samt vilka ytegenskaper som genereras på nodulärt segjärn, en av egenskaperna som var i fokus var att undersöka om nodulgrupparna påvisade en geometriförändring vid nitrering av ytan.

## 4.2 Funktionella verktygsytor Klippning

För att kartlägga och identifiera problemområdena såsom tillverkningsstrategi, typ av verktyg, variationer i produktion, yttopografi, klippspel samt klippeggsgeometri påbörjades en industriell uppföljning av klippverktyg hos de olika slutanvändarna i projektet. Urvalet gjordes utav klippverktyg som speglar samtliga materialklasser, så väl fungerande formverktyg som de med täta underhållsintervall.

Standardiserade rutiner arbetades fram för mätning och analys.

Baserat på resultaten från kartläggning arbetades det fram ett underlag för empirisk provning av tillverkningsstrategier samt ett underlag för olika testmatriser för semi-industriella klipp tester.

De olika tillverkningsstrategier som uppvisade robust prestanda analyserades och förbättrades för att sedan framställas och testas hos Sandvik Tooling R&D, D&M.

För att säkerhetsställa tillverkningsmetodiken och reproducerbarheten mättes och analyserades de framställda ytorna i laboratorium.

För att säkerhetsställa en ökad prestanda och få en förståelse för det tribologiska systemet i klippprocessen av plåtmaterial så arbetades det fram testmatriser grundade på





FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

kartläggningens samt tillverkningsstrategiernas resultat. Resultaten analyserades och kondenserades till industriella rekommendationer.

### 4.3 Ekonomimodell för totalkostnad formverktyg

Ett av OptiDies mål har varit att minska totalkostnad för formande och klippande verktyg genom att kunna förutsäga verktygskonceptets påverkan på detaljkostnaden (price per part) med avseende på hela verktygets livslängd, inklusive kostnad för underhåll.

Tidigare VINNOVA-finansierade forskningsprojekt *Verktogs kompetens för tillverkningsindustrin – ToolComp, Totalansvar för verktygsfunktionen* och *Itremain* har arbetat med kalkylmodeller för att ta tidigt, i konceptfasen, visualisera hur tolerans och komplexitet för en plåtkomponent påverkar investeringskostnaden för formverktyget.

I OptiDies har kostnadsmodellen vidareutvecklats till att inkludera hur val av verktygs- och ytkoncept på de aktiva formdelarna påverkar investerings- och underhållskostnaden för hela verktyget, och därmed kostnaden för en formad detalj.

OptiDies kostnadsmodell har tagits fram i två varianter, en för följdverktyg och en för linjeverktyg. Modellen för följdverktyg riktar sig till företag, troligen underleverantörer, som tillverkar mindre komponenter. Modellen för linjeverktyg riktar sig till fordonstillverkarna med stora presslinjer samt deras underleverantörer av verktyg.

## 5. Resultat

### 5.1 Bidrag till FFI-mål

OptiDies huvudmål var att utveckla metoder för att designa det tribologiska systemet vid formning och klippning av plåt för att utan ökade kostnader minimera slitage av formverktyg vid bearbetning av avancerade höghållfasta plåtmaterial (AHSS). De kompetenser som involverats är: tribologiskt system, plåt- och verktygsmaterial, nya metoder för tillverkning av formverktyg, numerisk analys och kostnadsmodellering.

Projektet har adresserat följande av FFI Hållbar produktionstekniks övergripande mål.

- Medverka till en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige
  - Resultaten har bidragit till att stärka svensk fordonsindustris konkurrenskraft och underlättat implementering av AHSS, vilket bidragit till reduktion av CO<sub>2</sub> och andra utsläpp samt förbättrat den passiva säkerheten.
  - Projektet har reducerat kostnad och ledtid vid verktygsframtagning genom utformning och fastställande av förbättrade verktygsytor för formning av AHSS.

- Eliminering av operationer som manuell polering effektiviserar tillverkningskedjan för verktygstillverkning vilket reducerar kostnad och ledtid.
- Kostnadsmodeller för beräkning av totalkostnad genom hela verktygets livslängd för fordonsföretagen och dess underleverantörer har tagits fram.
- Genomföra industriellt relevanta utvecklingsåtgärder
  - Projektet har tagit fram förbättrade rekommendationer för framställning och karakterisering av ytor för formningsverktyg.
  - Projektet har tagit fram förbättrade rekommendationer för klippvinklar, klippkantsgeometrier och ytor på klippverktyg.
- Leda till industriell teknik- och kompetensutveckling
  - Nya tillverkningsmetoder för funktionella ytor på formnings- och klippverktyg har tagits fram.
  - Effektivisering av tillverkningskedjan för verktygstillverkning genom eliminering av operationer ger reducerad kostnad och ledtid.
  - Ett förslag på numerisk modell för att förutsäga problemområden i formningsverktyg har tagits fram, både för traditionella och nya funktionella ytor.
  - Fördjupat kunskapen om hur nötning och nötningsmekanismer i formverktyg påverkar komponenttolerans.
- Medverka till att konkreta produktionsförbättringar görs hos deltagande företag/ Verka för att ny kunskap tas fram och implementeras, samt att befintlig kunskap implementeras i industriella tillämpningar
  - Under kontinuerliga möten med projektgruppen har resultat visats och diskuterats för implementering via standarder eller förändrade arbetssätt hos deltagande företag.
- Stärka samverkan mellan fordonsindustrin och myndigheter, universitet, högskolor och forskningsinstitut
  - Resultaten är riktade både till akademi och industri, och har väsentligt ökat kunskapen inom området.
  - Tre doktorander har arbetat inom projektet, en av dessa har doktorerat och en har licensierat under projektet.
  - Johan Berglund, teknologie doktorsexamen Chalmers 2011
  - Per Jonsson, licentiatexamen Chalmers 2010

## 6. Spridning och publicering

### 6.1 Kunskaps- och resultatspridning

För varje ny bilmodell som tas fram behöver biltillverkaren investera någonstans mellan 750 och 1 000 miljoner kronor i ett nytt set av plåtformningsverktyg för tillverkning av karosdelar. Tillverkningsstid för de färdigkonstruerade nya seten plåtformningsverktyg är idag typiskt 9 månader. Eftersom formverktygen både står för en betydande del av investeringskostnaden för en ny bilmodell och är en begränsade faktor för hur snabbt en

ny bilmodell kan börja produceras, har fordonstillverkarna stort fokus på att ta in ny teknik och nya arbetssätt inom området.

I framtagning av plåtformningsverktyg för bilindustrin finns alltid en kedja av olika leverantörer involverad. I *Figur 2* nedan visas exempel på hur en leverantörskedja kan se ut.



*Figur 2 Exempel på leverantörskedja som är aktiv vid tillverkning av ett plåtformningsverktyg.*

De önskade kostnads- och ledtidseffekterna inom tillverkning av formverktyg skapar ett sug från formverktygsleverantörer att ta del av resultat från OptiDies. Det är av högsta vikt både att ett antal nyckelleverantörer deltagit i projektet och att efter projektet snabbt sprida resultat från projektet till leverantörer utanför projektgruppen.

Kunskaps- och resultatspridningen underlättas av att OptiDies kan använda den kunskapsplattformen [www.verktygsframtagning.se](http://www.verktygsframtagning.se), framtagen i tidigare forskningsprojekt som MERA-Verktyg, ToolComp och Totalansvar för verktygsfunktionen.

Parallellt med OptiDies har flera av forsknings- och företagsparterna i deltagit i två kompletterande projekt med bäring på formverktyg; SimuParts och FUNIF. SimuParts, finansierat av SSF inom programmet ProViking, har kompletterat OptiDies genom en tyngdpunkt på FE-simulering, med en del fokuserad kring hur plåtytor och verktygsytor reagerar med avseende på återfjädring och friktion när de formas. FUNIF, finansierat av VINNOVA under EUREKA-paraplyet ProFactory, har behandlat framtagning, bearbetning och tribologisk funktion hos nya typer av nodulära gjutjärn för plåtformningsverktyg till bilindustrin. Samverkan mellan de tre projektet har varit mycket positivt för att vässa resultaten från projekten, i och med att möjligheten funnits att integrera resultat från projekten.

## 6.2 Publikationer

De publikationer och spridningsaktiviteter som gjort inom OptiDies listas nedan.

Avhandlingar:

Jonsson, P. (2010). *Sheet metal trimming dies – characterisation methods of geometry and surface topography and influence of wear (Licentiate thesis, Department of Materials and manufacturing Technology, Chalmers University of Technology, ISSN 1652-8891)*



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

Indirekt, genom parallella forskningsaktiviteter, har projekt OptiDies bidragit till avhandlingen Berglund, J. (2011). *Characterisation of Functional Pressing Die Surfaces. Doctoral thesis, Department of Materials and manufacturing Technology, Chalmers University of Technology, ISBN 978-91-7385-541-9.*

#### Tidskriftsartiklar:

Berglund J., D. Wiklund, B.-G. Rosén, *A Method for Visualization of Surface Texture Anisotropy in Different Scales of Observation*, Scanning, 2011, **33** (5) p. 325-331.

D. Wiklund, Magnus Liljengren, B.-G. Rosén, Kenneth Kjellsson, *Robust functional parameters of tool surface topography in sheet metal forming*. Inskickad till *Wear* augusti 2012.

#### Konferenser:

P. Jonsson, J. Berglund, K. Kjellsson, B-G. Rosén, *Surface Topography on trimming dies and the influence of wear*. Proceedings of IDDRG 2010 International Conference, pp. 639-650; 2010.

D. Wiklund, Liljengren M., Berglund J., Bay N., Kjellsson K., Rosén B-G., *Friction in sheet-metal forming - a comparison between milled and manually polished die surfaces*. Proceedings of the 4:th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes, Nice, France, 13-15 June, 2010.

D. Wiklund, Larsson M., *A friction model for the boundary and mixed lubricated regimes in sheet metal forming*. Proceedings of the 15th Nordic Symposium on Tribology, NORDTRIB 2012, 12-15 June, Trondheim.

D. Wiklund, *Prediktering av friktion och slitage med hjälp av FE-simulering vid plåtformning*, Produktionskluster konferens: Mötesplats för Framtidens Framgångsrika Verkstäder, Katrineholm, Sverige, 24-26 Maj, 2011.

M. Liljengren, K. Kjellsson, *Rätt verktygsval ger kostnadsbesparingar*. Produktionskluster konferens: Mötesplats för Framtidens Framgångsrika Verkstäder, Katrineholm, Sverige, 24-26 Maj, 2011.

M. Kjellberg, M. Liljengren, *Frästa Funktionsytor*. Produktionskluster konferens: Mötesplats för Framtidens Framgångsrika Verkstäder, Katrineholm, Sverige, 22-24 Maj, 2012.

P. Hansson, M. Liljengren, *Use of Modern Tool Steel and Surface Engineering in Sheet Cold Forming*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Tooling Conference, Tool 2012, Leoben, Austria, 11-14 of September, 2012.

*Optimala verktygsytor för aktiva kallarbetsverktyg, (Poster presentation)*. Samverkan möter fordonsindustrins utmaningar, FFI hållbar produktionsteknik och transport effektivitet, Älvsjö, Sverige, oktober, 2010.

#### Annan teknikspridning:

OptiDies har presenterats i Plåtforums Medlemsblad vid tre tillfällen: nr 1 2010, nr 2 och 2010, nr 3 2011.



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

Intern Volvo Car Corporation (VCC) konferens, Spridning av projekt resultat, Februari, 2011.

## 7. Slutsatser och fortsatt forskning

Att ta hela det tribologiska systemet för formande och klippande verktyg har varit en stor utmaning. Dokumentering av industriellt fungerande ytor har varit en mycket bra plåtå att starta ifrån och har gett oss viktig grundläggande fakta, såsom en yta med högt respektive lågt Ra värde kan fungerar lika bra. Detta är revolutionerande då dagens nivå på Ra är mycket låg och för att nå denna nivå krävs en stor arbetsinsats.

För formande verktyg har den största påverkande faktorn varit att dela upp ytan i tre delar, topp, kärna och dal, eftersom de har olika tribologiska funktioner. Ett ensidigt användande av parametrar som ej särskiljer dessa delar, ex, Ra (2D), ger undermålig information. Tester har även visats att ytor med relativt stora kaviteter, som kan bero på exempelvis noder eller skador, kan vara väl fungerande om den översta delen av topografin är fin nog.

För klippande verktyg har de största faktorerna varit klippeggens utseende, klippspelet samt snittsidans yta. Korrekt val av klippspel i kombination med startradien på klippeggen visade sig ge den mest robusta lösningen. Eggradiens storlek har dock inte lika stor betydelse som klippspelet när det gäller det abrasiva slitaget.

Ekonomimodellen har tydligt visat att val av verktygskoncept kommer att ha stor påverkan på behov av underhåll och den totala produktionskostnaden. Modellen kan i ett tidigt utvecklingsstadium spegla dessa risker och kostnader. Det har även visats att underhållskostnader inte är lätta att följa upp för enskilda produkter, utan mycket är dolt i övergripande produktionskostnader. Här har industrin en stor förbättringspotential för att påverka totalkostnaden på ett verktyg.

Resultaten från projekt OptiDies kombinerar akademisk höjd, med tidskriftsartiklar och bidrag till avhandlingar, och direkt industriell användbarhet, med nya företagsinterna standarder. Arbetet har också identifierat flera spännande möjligheter att arbeta vidare med att förändra och förbättra verktygsframtagningsprocessen på ett sätt som har potential att ytterligare minska kostnaden och öka prestandan hos formande och klippande verktyg.

### **Några identifierade områden att arbeta vidare med**

Projektet har haft många ingående studier och analyser där det har framkommit ytterligare frågeställningar, möjligheter och förbättringar som i sin tur kräver fortsatt forskning. Förbättringsbehoven omfattar små delområden såväl som större övergripande



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

processer. Några av dessa processer där det finns en stor möjlighet att utöka förståelsen och kompetensen är;

- I projektet visades att det är möjligt att framställa funktionella ytor, som inte behöver poleras, med maskinell bearbetning. Förbättrade bearbetningsstrategier har därför stor potential att reducera behovet av manuellt polerade ytor. De bearbetningsstrategier som togs fram i projektet var dock väldigt tidskrävande med dagens maskinpark och därför inte konkurrenskraftiga jämfört med traditionellt bearbetade och polerade ytor. Det gör att ytterligare utveckling behövs för att göra dessa ytor kostnads- och tidseffektiva i industriell miljö.
- Metoden att använda variabel friktion för att prediktera risk för slitage visade på god potential. Baserat på en implementerad friktionsmodell kunde den genererade friktionsenergin beräknas med hjälp av FE-simulering under en formningsoperation. Syftet med metoden är att skapa bättre underlag vid verktygskonstruktion genom att kunna visa vilka områden i verktygen som kan behöva mer avancerade verktygsmaterial, beläggningar och/eller ytor. Vissa begränsningar i användandet av programvaran skulle behöva lösas för framtiden samt att mer resurser avsätts för att utveckla och verifiera metoden.
- Ytkvaliteten på en formad komponent anses traditionellt bero av verktygets ytjämnhet (fint Ra-värde). Defekter av olika karaktär på en kontrollerat aktiv yta har i projektet resulterat i godkända detaljytor för EHSS material. För att säkerställa och förstå defekternas gränsvärden och inverkan på detaljkvalitet mot andra plåtmaterialekvaliteter behövs ytterligare forskningsinsatser. Arbetet med gränsvärdena genererar frågeställningar som i förlängningen kan leda till kraftigt reducerade tillverkningstider och kostnader.

Projektgruppen föreslår ytterligare satsning på forskning inom dessa identifierade områden.

## 8. Deltagande parter och kontaktpersoner

### Projektledare

Volvo Personvagnar AB	Kenneth Kjellsson	+46 454 264930
-----------------------	-------------------	----------------

### Övriga deltagare

Scania CV AB	Lars Månsson	+46 491 765367
AB Volvo	Lars-Ove Gustavsson	+46 90 707362
Finnveden Metal Structures AB	Krister Svensson	+46 454 774750
Uddeholm Tooling AB	Nader Asnafi	+46 563 17051
IonBond Sweden AB	Greger Håkansson	+46 13 253301
Bodycote Värmebehandling AB	Mats Jogin	+46 13 253328
Duroc Tooling i Olofström AB numera		
Lasertool i Blekinge AB	Jan Kvist	+46 454 48930
SSAB Strip Products AB	Lars Troive	+46 243 71797
SSAB Plate Division AB	Per Hansson	+46 155 254 632
Castolin Scandinavia	Hans Bengtsson	+46 31 570470
SKF Sverige AB	Christian Holmer	+46 31 3372967
Sandvik Tooling RTC D & M	Johan Berglund	+46 70 780 6050
Industriellt Utvecklings Centrum	Magnus Liljengren	+46 454 97558
Swerea IVF AB	Elisabeth Sagström	+46 31 706 60 67
Högskolan i Halmstad	Bengt-Göran Rosen	+46 35 167604

\* *Camito AB*

*Göran Hjertstedt*

\* *Saab Automobile AB*

*Henrik Pettersson*

\**Försvann från projektet på grund av konkurs under projektiden*