



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Högeffektiv magnetisk pulsteknik för stansning av plåt



Författare: Roger Andersson

Datum: 2013-03-20

Delprogram FFI Hållbar Produktionsteknik



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Innehåll

1. Sammanfattning	3
2. Bakgrund	4
3. Syfte	4
4. Genomförande	4
5. Resultat	11
5.1 Bidrag till projektmål	11
5.2 Bidrag till FFI-mål	13
6. Spridning och publicering	14
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	14
7. Slutsatser och fortsatt forskning	14
8. 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

Användningen av elektromagnetisk pulsteknik för sammanfogning och pressning av axialsymmetriska rörformade komponenter har använts i produktionen i flygindustrin sedan början av 1960-talet. Det grundläggande fysikaliska fenomenet är att producera ett kortvarigt magnetfält med hög intensitet. Det erhållna magnetfältet skapar en magnetisk kraft som kan användas för utveckling av nya produktionsprocesser för plåt som formning, pressning, svetsning och stansning/klippning.

Detta projekt använde elektromagnetisk pulsteknik för att utveckla en ny unik innovativ tillverkningsprocess inom följande område:

- Adiabatisk stansning/klippning - Den största fördelen är att skapa hål i stålplåt med ensidig stansning och med en god kantkvalitet

De första experimenten i projektet gjordes på Winset Technologies i Long Island, New York. Detta på grund av deras långvariga erfarenhet av tillverkning av elektromagnetiska drivna pressar, tidigare Lourdes Systems. Höghållfasta plåtmaterial användes för experimenten och resultaten var att de erhållna hålen hade hög kvalitet. Detta system innehöll både stans och dyna men målet för detta projekt var att stansa ensidigt utan någon dyna på baksidan. Detta är möjligt om stansen uppnår en mycket hög inslagshastighet. Detta fick oss att använda kondensatorbanken (Pulsar puls-system) som finns på Swerea KIMAB och utforma en plan spole för att accelerera stansen.

Under projektet uppstod en hel del experimentella svårigheter. I juli 2012 gjorde vi några tester med spolen med ett lindningsvarv. Det visade sig dock att kraften på stansen inte blev tillräckligt stor för att uppnå snabb rörelse av stansen. Genom samråd med forskare från ett parallellt projekt vid Ohio State University, Columbus, USA vi fick information om att en multivarvsspole med 6-8 lindningar skulle förbättra kraftnivån med 6 till 8 gånger för ett system som vårt. I mars 2013 gjorde vi några slutliga försök och vi lyckades att uppnå en hög hastighet på stansen. Tyvärr var kondensatorbanken för svag för att erhålla avsett hål i stålplåten. För en aluminiumplåt erhöles dock ett stanshål.

Slutsatsen är att den elektromagnetiska metodiken fungerar i princip men att ett kondensatorpaket med högre kapacitet än det vi använde behövs för att stansa högkvalitetshål i stålplåt med ensidig teknik.

2. Bakgrund

Vid produktionslinjen vid Volvo Lastvagnars fabrik i Umeå behöver många hål göras i hytterna baserat på olika utrustningar som ska monteras i hytterna. Detta görs idag genom robotassisterad borrar. Tekniken är resurskrävande genom att den kräver både en robot som borrar från ena sidan och en annan robot som skapar ett mothåll från den andra sidan. Målet med detta projekt var att utveckla en adiabatisk stansningsprocess för att kunna göra ett hål i plåten utan stöd från insidan. Fördelarna är en minskning av antalet robotar i Volvos monteringsfabriker världen över och även möjligheten att göra hål på ställen i hytten som har varit omöjligt i dag på grund av behovet av stödet från insidan.

Ett annat problem i fordonsbranschen är stansning av höghållfast stålplåt utan att få mikrosprickor och dåliga stansytter samt stort slitage på stansverktygen. Dessa problem skulle kunna minskas med höghastighetsstansning.

För att erhålla hög hastighet på stansen utnyttjas i detta projekt en elektromagnetisk puls som accelererar stansen. Principen med elektromagnetisk pulsteknik bygger på att elektrisk energi lagras i högpresterande kondensatorer. Därefter urladdas kondensatorerna över en spole under en mycket kort period ($<100 \mu\text{s}$). Detta resulterar i ett magnetfält som leder till en motverkande Lorentz-kraft som driver stansen framåt. Pulsen kan leda till en stanshastighet på upp till 400 m/sek¹.

Vår idé var att montera en stans på en platta som accelereras av en plan elektromagnetisk spole. Magnetpulsen avsågs ge stansen tillräcklig hastighet och kraft för att penetrera stålplåten. Genom den höga hastigheten skulle tröghetseffekter göra att ett stöd på plåtens baksida inte behövdes.

3. Syfte

Syftet med detta projekt är att utveckla en höghastighetsstansprocess som kan användas av fordonsindustrin för att göra hål med god kantkvalitet i karosser eller hytter. Tekniken ska vara ensidig och alltså inte behöva något stöd på plåtens baksida.

4. Genomförande

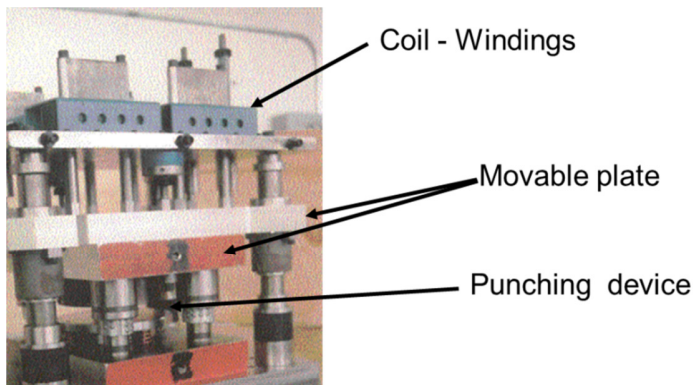
En första omgång stansförsök genomfördes hos Winset (www.winset.net) 72 Bridge Rd., Islandia, NY 11749, US.

¹ G. S. Daehn. High Velocity Metal Forming. ASM Handbook (2004)

Stansen var en 2.5cm fyrkant med motsvarande dyna och mothåll. Det bör poängteras att dessa försök utnyttjade ett mothåll. Plåten hade 0.25 mm och 0.39 mm tjocklek som framgår nedan och remsor med 35-44 mm bredd användes. Två stålsorter användes för försöken:

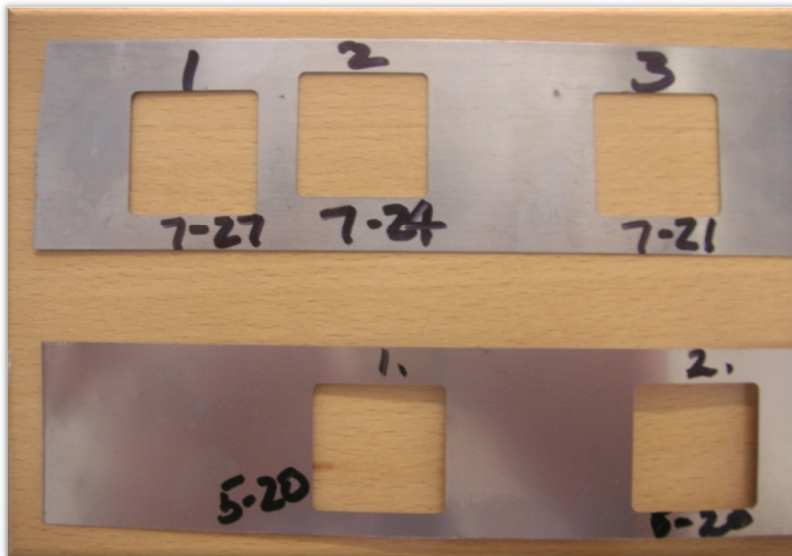
1. Stainless steel 1.4301 from Outokumpu
 - a. Thickness 0.11mm
 - b. Typical composition: Cr 18%, Ni 8.3%, C 0.04%
 - c. Typical mechanical data:
 - i. Rp02 (MPa) =290
 - ii. Rm (MPa) = 600
 - iii. Elongation A5% = 55
 - iv. Hardness HB = 170
2. Stainless steel C20 (AISI 1095) from Sandvik Materials Technology
 - a. Thickness 0.38mm
 - b. Typical composition: C 1%, Si 0.25%, Mn 0.45%
 - c. Typical mechanical data:
 - i. Rp02 (MPa) =1650
 - ii. Rm (MPa) = 1850
 - iii. Elongation A5% = 2-4
 - iv. Hardness HB = 495-500

Det elektromagnetiska systemet och stansen illustreras i Fig 1 och ett antal stansade hål visas i Fig 2.



Punching speed ~100 m/s

Figur 1 Höghastighetstans systemet hos Winset Technologies (www.winset.net)



Figur 2 Höghastighetsstansade hål.

Efter dessa inledande försök som bedömdes mycket lovande inleddes försöksverksamheten i Sverige i den utrustning som ursprunglig fanns hos Svensk Verktygsteknik men som därefter övertogs av Swerea KIMAB.

Prestanda för utrustningen finns i tabell 1 och den visas i Fig 3.

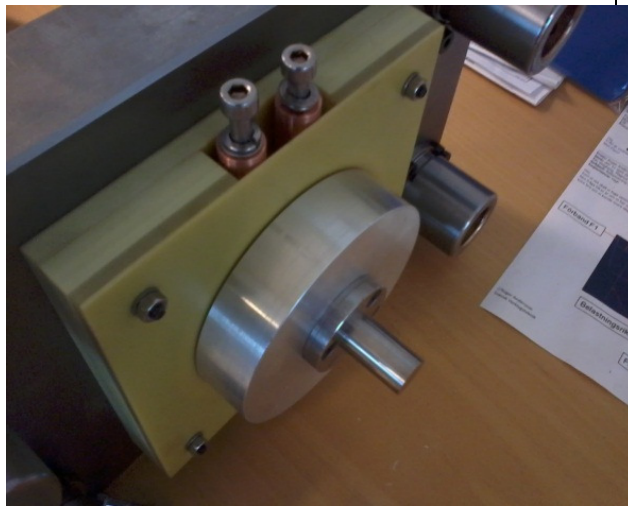
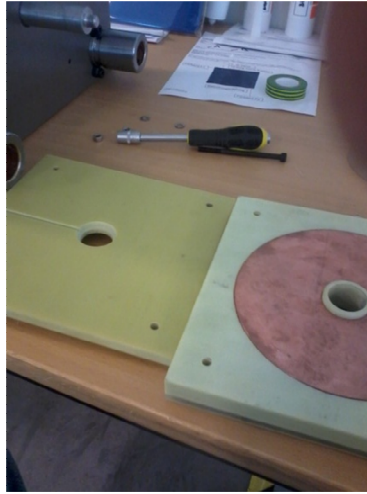
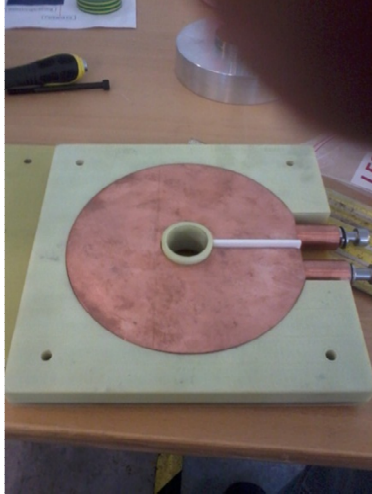


Figur 3 Magnetpulssystemet hos Swerea KIMAB

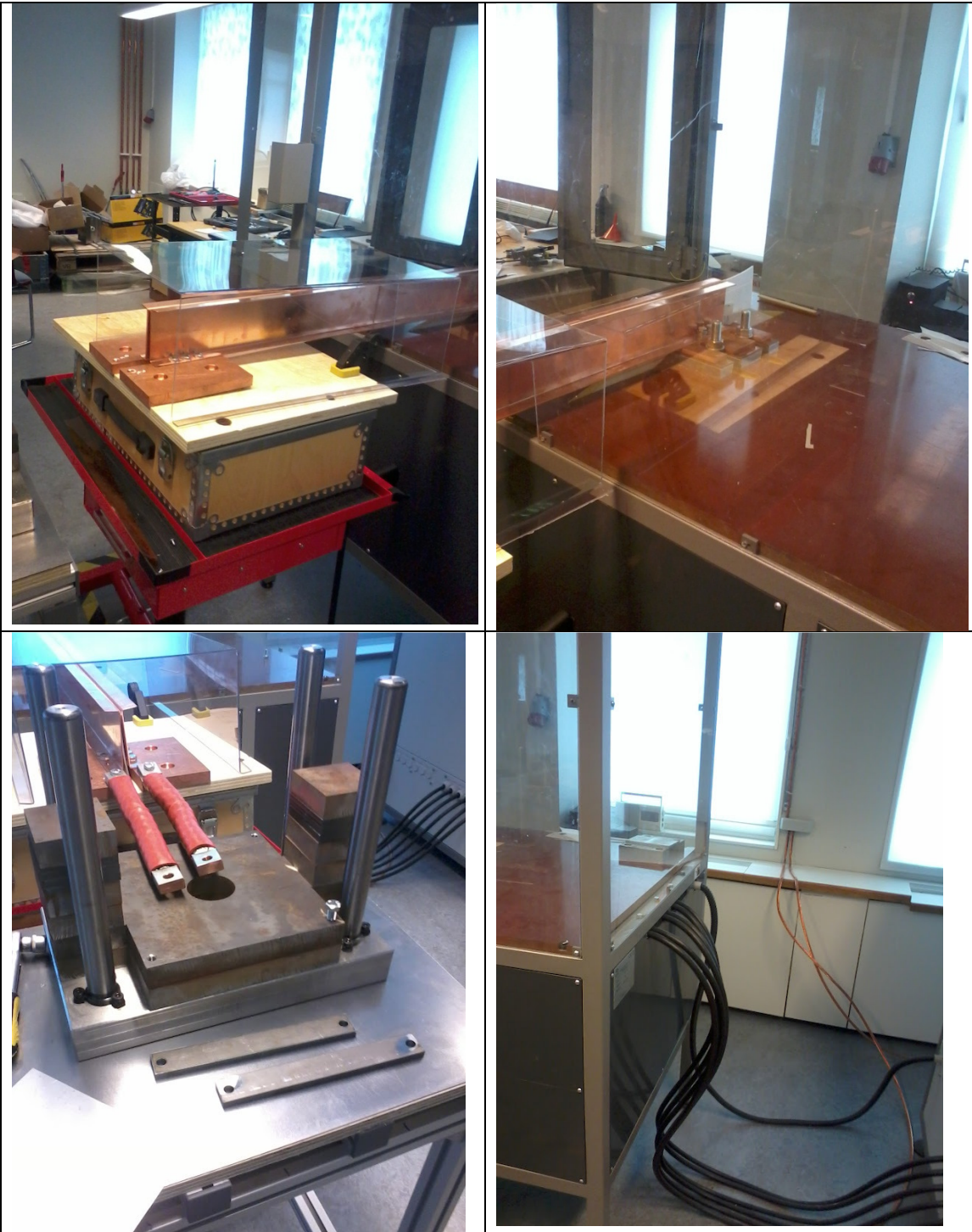
Tabell 1 Tekniska data för the magnetpulssystemet hos Swerea KIMAB

Detail	Description
Maximal energy storage	12 kJ at 25 kV
Operation energy (for continues production)	6.5 kJ
Discharge peak current (maximal)	100 kA
Operation current	70 kA
Voltage (maximal, <i>not</i> for continues production)	20 kV
Working Voltage (maximal, for continues production)	18 kV
Charging time	1 kJ / sec
Capacitance	40 μ F
Self inductance (short circuit status)	130 nH \pm 10%
Frequency (for short; average)	65 kHz
Voltage-energy ratio	$V = \sqrt{\frac{E}{20}}$ E = Energy [J]; V = Target Voltage [kV].
Repetition time (minimum)	12 sec per pulse

Hållaren för stansen konstruerades i ett fyrepelarställ. Kontaktplåtarna konstruerades i ren koppar och lindningarna bestod av högspänningskablar. Den första försöksupställningen byggde på en spole med ett enda varv. Detta illustreras i Fig 4 och 5.



Figur 4 visar försöksupställningen med en spole på ett varv



Figur 5 visar ytterligare bilder från försökupställningen för en spole med ett lindningsvarv

Resultaten från försöken med enenkellindad spole var inte framgångsrika och vid urladdning av kondensatorerna erhöles obetydlig rörelse av stansen. Efter konsultation med Geoffrey Taber och Professor Glenn Daehn vid Ohio State University som arbetar med ett likartat projekt ² fick vi rådet att ersätta spolen med enkellindning med en ny spole med 6-8 lindningsvarv. Detta skulle ge en större accelerationskraft på plattan som stansen var fäst vid med upp till en faktor 8. Förutom denna förändring byttes kablarna i lindningarna ut till Lits-kablar för att minska skin-effekten och risk för urladdningar. Den andra försökuppställningen illustreras i Fig 6. Med denna försökuppställning erhöles hål i en aluminiumplåt men inte i en stålplåt. Detta beskrivs i kapitel 5.



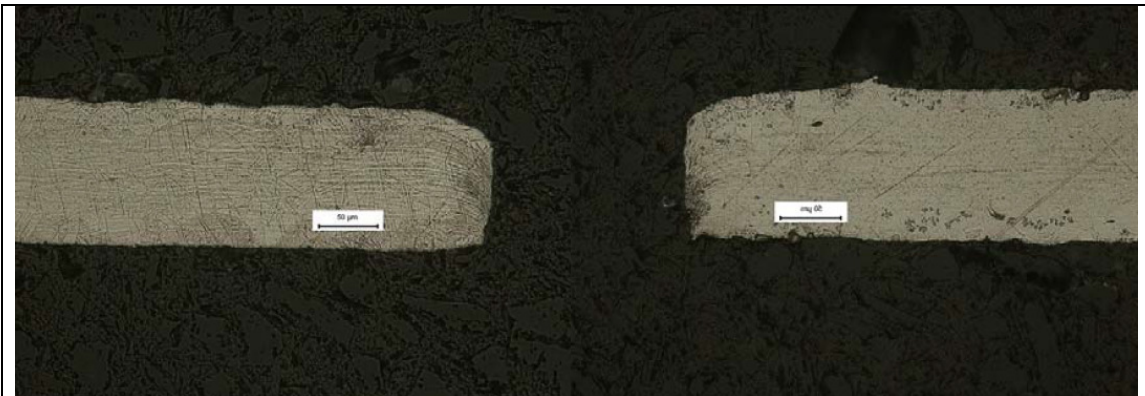
² An Electromagnetically Driven Metalworking Press; G. A. Taber, B. A. Kabert, A. T. Washburn, T. N. Windholtz, C. E. Slone, K. N. Boos and G. S. Daehn ; Department of Materials Science and Engineering, The Ohio State University, Columbus Ohio, USA; 5th International Conference on High Speed Forming (ICHSF 2012) in Dortmund, Germany; April 24th – 26th, 2012

5. Resultat

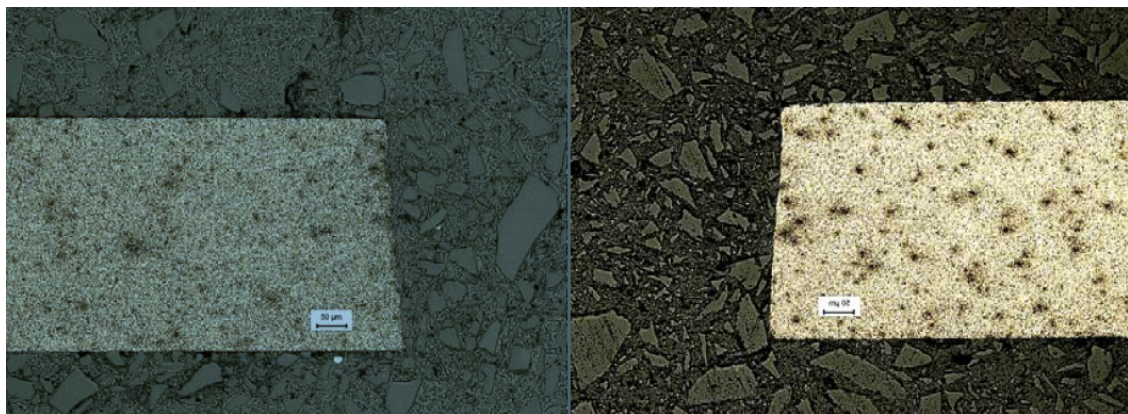
5.1 Bidrag till projekt mål

Projekt målet var att utveckla ett stanssystem för ökad kvalitet och produktivitet vid plåtkomponenttillverkning.

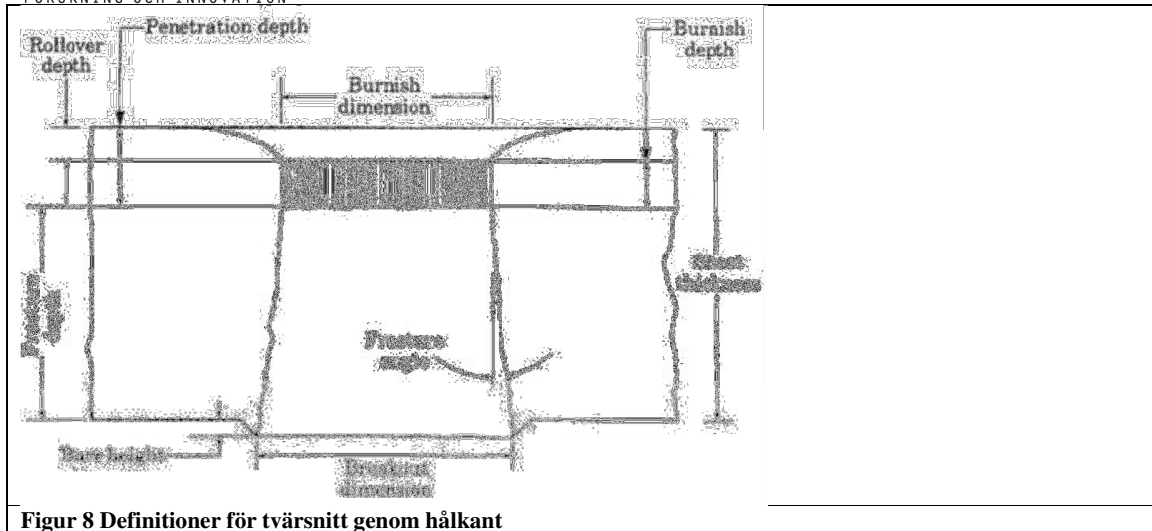
Resultaten från förstudien hos Winset Technologies visade på möjligheten att skapa stansade hål med bra kantkvalitet. I denna försöksserie utnyttjade vi en försökssupställning med stans och dyna, dvs den krävde dubbelsidig åtkomst av verktygen. En intressant observation i dessa försök var att brottvinkeln för C20-stålet var negativ medan den var positiv för stålet 1.4301. Det är vanligt att denna vinkel är positiv men negativa vinklar kan uppträda för höghastighetsprocesser, se Fig 7 och 8.



Figur 7a Material 1.4301, 100x



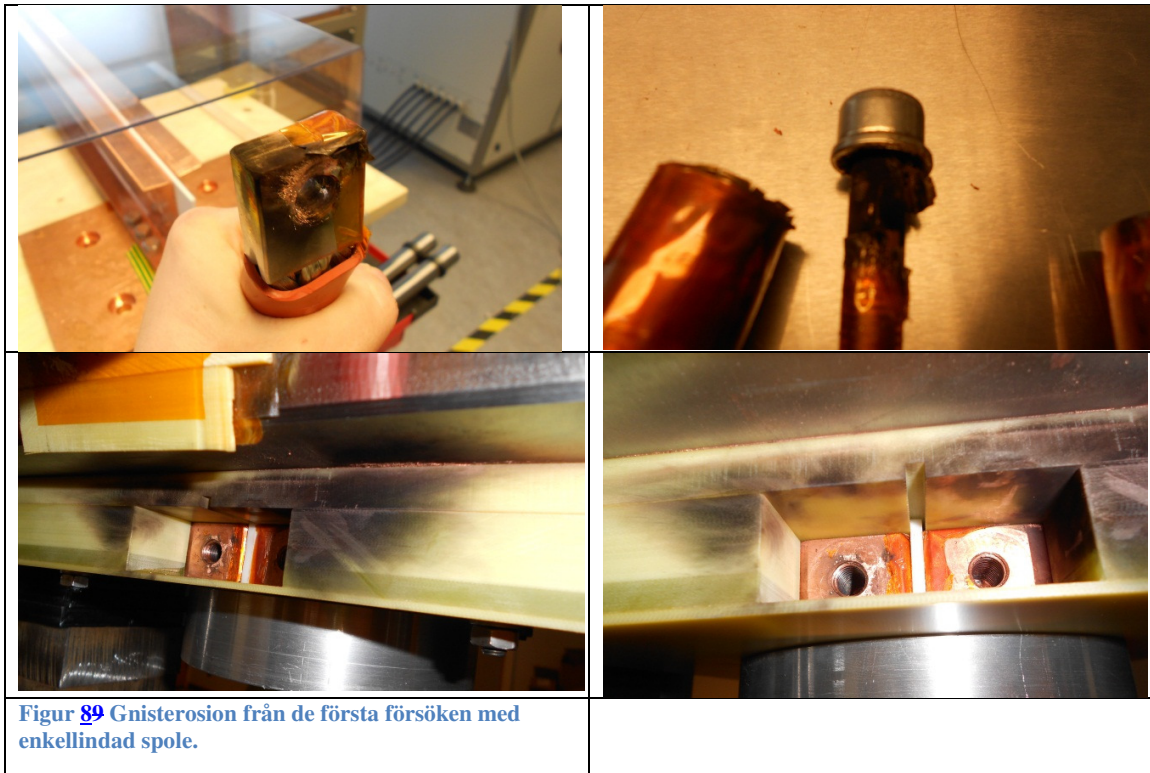
Figur 7b Material C20, 100x,



Figur 8 Definitioner för tvärsnitt genom hålkant

Tabell 2 Resultat från förförsök.

Resultaten från de första försöken i Swerea KIMABs utrustning var inte framgångsrika. Med en enkellindad spole var det inte möjligt att accelerera upp stämplarna i hög hastighet. Under försöken skedde dessutom en snabb nedbrytning av kontakter. Detta illustreras i Fig 11.



Figur 89 Gnisterosion från de första försöken med enkellindad spole.

Den andra försöksomgången i Swerea KIMABs utrustning med en spole med 6 varv och nya kablar resulterade i att stansen kunde accelereras upp i hög hastighet. Den kinetiska energin nådde dock inte avsedd nivå och stansen kunde inte skapa hål i den 1mm tjocka stålplåten (Brottgräns 350MPa). Försök på en aluminiumplåt (Brottgräns 220MPa) med samma tjocklek ledde dock till hålbildning efter upprepad stansning. I alla dessa försök på Swerea KIMABs utrustning tillämpades inte stöd bakom plåten dvs det var ensidig åtkomst. Resultaten illustreras i Fig 10 och 11.



5.2 Bidrag till FFI-mål

Projektet bidrar till FFIs program mål genom:

- Bygga upp kunskap om avancerade metoder att tillverka karosser och hytter.
- Att underlätta produktion av individualiserade produkter, i detta fall genom att håll med hög kvalitet kan sättas nästan var som helst i en kaross både målad och omålad.
- Att stödja tillverkning med högre produktkvalitet, i detta fall håll med bättre produkttegenskaper
- Att bygga kompetens kring magnetpulsmetoder i forskningsmiljön i Swerea KIMAB
- Att främja framtagning av innovativa tillverkningsmetoder.
- Att stärka samverkan mellan institut, fordonsföretag och underleverantörer tex SME

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Resultaten i projektet har distribuerats till de deltagande deltagarna genom frekventa möten.

Resultaten har också distribuerats till den globala gruppen “ “International Impulse Forming Group³” genom informella träffar och årsmöten. På detta sätt har skapats en internationell miljö där vi kan dela erfarenheter vilket visat sig extra viktigt i detta svåra projekt.

7. Slutsatser och fortsatt forskning

- Projektet har visat att god kantkvalitet i håll kan uppnås med höghastighets elektromagnetiska stansmetoder då ett bakre stöd (dyna) finns för plåten.
- Brottvinkeln kan bli både positiv och negativ vid höghastighetsstansning med dyna.
- Projektet visar att det är möjligt göra håll i plåt utan bakre stöd om kapaciteten är tillräckligt stor i det använda kondensatorsystemet.
- Det är viktigt att utforma spolen som driver stansen på ett sådant sätt att energin i kondensatorn utnyttjas på ett effektivt sätt. På detta sätt kan man undvika att investera i stora kondensatorer.

³ <http://i2fg.org>



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

- Detta projekt har inte lyckat nå alla uppställda mål men väsentlig kunskap har byggts upp om elektromagnetiska metoder. Om dessa metoder ska kunna realiseras industriellt behövs ytterligare insatser för att optimera processen.

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Volvo Truck	Håkan Sundberg
Teknoheat	Lars Ullmark
Precomp Solutions AB	Morgan Renström
Former Accra Teknik AB	-
Scania	Rikard Ottosson
Volvo Cars	Lars-Ola Larsson
Former Svensk Verktygsteknik	-
Swerea KIMAB	Arne Melander / Roger Andersson