

FFI

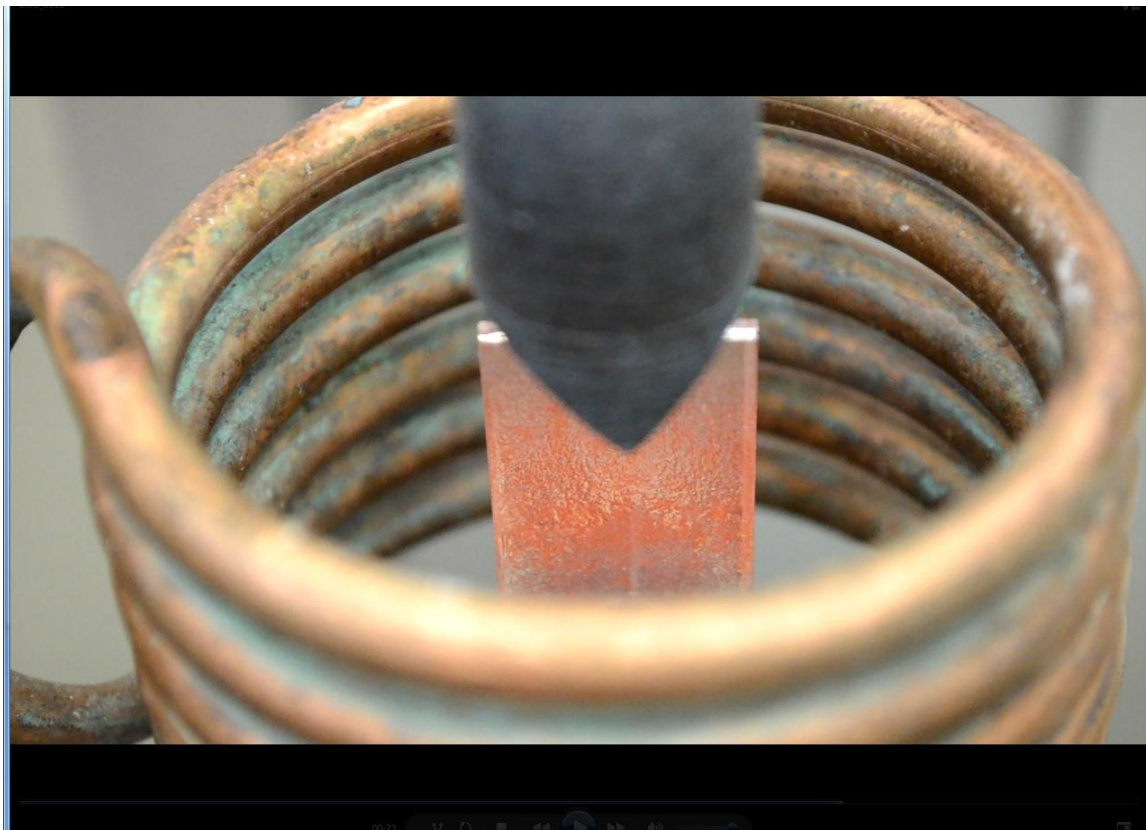
FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Förstudie - Presshårdning med snabb uppvärmning

Jonas Holmberg

Datum: 2014-06-30

Delprogram: Fordonsutveckling



Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	3
3. Syfte.....	4
4. Genomförande.....	4
5. Resultat	5
5.1 Patentgranskning	5
5.2 Processutveckling.....	5
5.3 Bidrag till FFI-mål	8
6. Spridning och publicering.....	9
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	9
6.2 Publikationer	9
7. Slutsatser och fortsatt forskning.....	9
8. Deltagande parter och kontaktpersoner	9

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

Utvecklingen inom fordonsindustrin har gått mot allt producera lättare och starkare bilar vilket ställer allt högre krav på bilens prestanda och egenskaperna på materialen i fordonet. En möjlig teknik som allt mer används idag för att nå lättare konstruktion är presshårdning. Denna teknik har framförallt använts till komponenter så som A- eller B-stolpar i karossen. Tekniken bygger på att man använder ett så kallat borstål, oftast belagd med AlSi beläggning för att ge ett korrosionsskydd, som värms upp till austenitiserings temperatur vid vilken materialet är lätt att forma. Sedan förs denna varma plåt in i ett väl kylt formningsverktyg som samtidigt formar och härdar komponenten. Detta skapar en höghållfast komponent med utmattningshållfasthet upp mot 1500 MPa. I detta projekt har syftet varit utreda om det är möjligt att använda denna teknik i en förenklad variant för att anpassa den till mindre komponenter i fordonsstrukturen. En förutsättning för att nå denna lösning är att hitta en alternativ uppvärmningskälla till den konventionella ugnen eftersom denna är kraftigt utrymmes- och tidskrävande. Det behöver dock verifieras hur en snabb uppvärmning inverkar på materialets och ytbeläggningens egenskaper.

Den här förstudien har genomförts för att verifiera och utvärdera den tekniska realiserbarheten i ett tänkt konceptet för att värma belagd borstålsplåt med en alternativ snabb uppvärmningsteknik efterföljt av samtidig formning och kylning. Syftet var att skapa underlag för en eventuell ansökan om ett huvudprojekt där tekniken kan vidareutvecklas.

Förstudien gav resultat gällande processtekniska möjligheter och utmaningar samt existerande patent och patentansökningar. En ansökan om finansiering av ett huvudprojekt har lämnats in.

2. Bakgrund

Presshårdning är en teknik som skulle kunna vara ett alternativ för vissa detaljer som idag produceras som högvolymsprodukter med konventionell kallformning. Fördelen med presshårdningstekniken är att man erhåller en höghållfast komponent med hög formstabilitet och minimal återfjädring. Jämfört med konventionellt material har det presshårdade högre hållfasthet vilket gör att komponenter kan göras tunnare och lättare.

Presshårdningsprocessen utnyttjar hårdbarheten hos borstål genom att det värms upp till austenitiserings temperatur, drygt 930°C, innan formning. Under formningen sker

simultant härdning av stålet i ett väl kylt verktyg som snabbt kyler detaljen och skapar den önskade hårdhetsökningen i materialet genom martensitomvandling. Denna kylning ställer vissa specifika krav på verktygskonstruktionen eftersom mycket värme ska forslas bort under kort tid.

En av de stora produktionstekniska utmaningarna med presshärdning är den tid det tar att värma upp ämnena till rätt temperatur eftersom detta idag måste ske i en ugn. En annan utmaning kopplat till uppvärmning i ugn är att mycket material måste värmas för att möjliggöra relativt korta cykeltider varpå ugnarna i en presshärdningslinje ofta är mycket platskrävande.

Detta gör att det finns ett stort intresse för att byta uppvärmningsteknik från ugn till något snabbare som kräver mindre utrymme, med målen att minska produktionstid samt behov av utrymme för utrustning och därmed minska investerings- och produktionskostnad.

3. Syfte

I litteraturen går att finna artiklar som beskriver försök som gjorts där man använt induktiv uppvärmning som en metod för att värma plåt. Med induktionsvärmning går det att värma plåten snabbt med en relativt liten utrustning.

Problemet är dock att man inte fullt ut utrett hur den korrosionsskyddande beläggningen klarar av den snabba uppvärmningen. Flera studier visar att processen måste tillåtas en viss tid för uppvärmning för att möjliggöra en diffusion av järnet in i beläggningen för att det ska behållas intakt. Det går även att finna andra studier som visar att det går att genomföra en snabb uppvärmning med bibehållen beläggning. Huruvida beläggningen klarar en snabb uppvärmning med induktion behöver utredas vidare med inriktning på den småskaliga process som är av intresse för projektparterna.

Den andra aspekten som måste utredas är huruvida det går att värma upp mindre detaljer snabbt med induktiv uppvärmning på ett bra sätt. Den induktiva processen är komplex. Framförallt är det svårt att förutsäga hur strömmar går i en detalj, även om det bara är en plan geometri. Det vill säga, det är svårt att förutsäga att en process ska ge en kontrollerad och jämn uppvärmning. Hur en bra uppvärmning med induktion ska ske och vilka huvudsakliga problem som finns behöver därmed också utredas vidare.

4. Genomförande

Projektet var uppdelat i tre arbetspaket med forskningsinnehåll och ett fjärde arbetspaket innehållande projektadministration.

1. Definition av krav för plåt detaljer gällande mekaniska egenskaper och kvalitet på beläggning. Definiera en eller flera kravnivåer som några utvalda komponenter måste uppfylla.

2. Utredning av det kommersiella utrymmet. Det finns ett antal patent inom området. Hur dessa eventuellt begränsar en fortsatt teknisk och kommersiell utveckling av tekniken måste utredas för att ge förutsättningarna för ett framtida huvudprojekt.
3. Undersökning av plåtmaterialet och hur beläggningen påverkas vid olika uppvärmningshastigheter. Syftet är att i detalj undersöka vilken påverkan av beläggningen som uppkommer beroende på uppvärmningshastighet där ugnsuppvärmda prover används som referens.
4. Kontinuerlig projektledning och rapportering.

5. Resultat

5.1 Patentgranskning

Denna del i projektet innebar utredningen om det finns patent som hindrar oss att fortsätta utveckla metoden enligt ovan det beskrivna konceptet och i så fall hur vi ska förhålla oss till dessa hinder. I huvudsak utvärderades två befintliga patentansökningar.

För det ena patentet, DE102012021031, Procedure and Device for the Production of presshardened Sheet Metal Components, kunde konstateras att det var väldigt brett skrivet och innefattar vad vi vill göra dvs. värmning av plåt med induktionsvärmning. Patentet är fortfarande i ansökningsstadiet och lämnades in för granskning 2012-10-27. Granskningen visar att ansökan är väldigt bred och den täcker över flera andra patent vilket innebär att det kommer bli svårt att få patentet godkänt som det nu är formulerat. Förmodligen kommer den första granskningen hänvisa till detta och begära ytterligare krav som snävar av patentet. Man kan tolka denna breda patentansökan som ett startegiskt dokument för att förhindra att andra söker patent inom området.

Det andra patentet, WO2011131174, METHOD AND DEVICE FOR HOT FORMING AND HEAT TREATING OF COATED METAL SHEET, beskriver i princip det tänkta konceptet i projektet och går in i detalj på hur en tvåstegs variant av uppvärmning värmer med induktorer som ska vara utformade på ett specifikt sätt. Det identifierades dock att man kan särskilja sig vad gäller utformning av induktorer och hur man genererar strömmarna i plåten. Vidare står det beskrivet i ansökan att man värmer med två induktorer från varje håll vilket inte är fallet i denna förstudie.

5.2 Processutveckling

Som fallstudie i denna förstudie användes en spännesdetalj. Försöken visade redan i ett tidigt skede på att stora utmaningar att få jämn fördelning av värmen vilket åskådliggörs i bild 1. I denna bild ser man hur den plana pannkaksinduktorn framförallt värmer de smalare sektionerna på spännet och där mittsektionen på detaljen är ca: 200 grader lägre.



Bild 1, Översikt av värmningsförsök med plan pannkaksinduktor av spännesdetalj.

Efter vidare arbete med anpassning av processparametrar och geometri på induktorn kunde betydligt jämnare värmning av spännet erhållas. Dock visade testerna på att utformning av induktor samt valda processparametrar har stor inverkan på hur jämn värmningen blir. Man behöver designa ett värmningskoncept för varje komponent som ska tillverkas med denna teknik.

Fortsatta tester genomfördes för att utvärdera hur korrosionsskyddet påverkades av denna snabba uppvärmning. Detta gjordes på enklare rektangulära geometrier där bild 2 åskådliggör hur plåten värms upp till olika temperaturer efter olika långa hålltider.

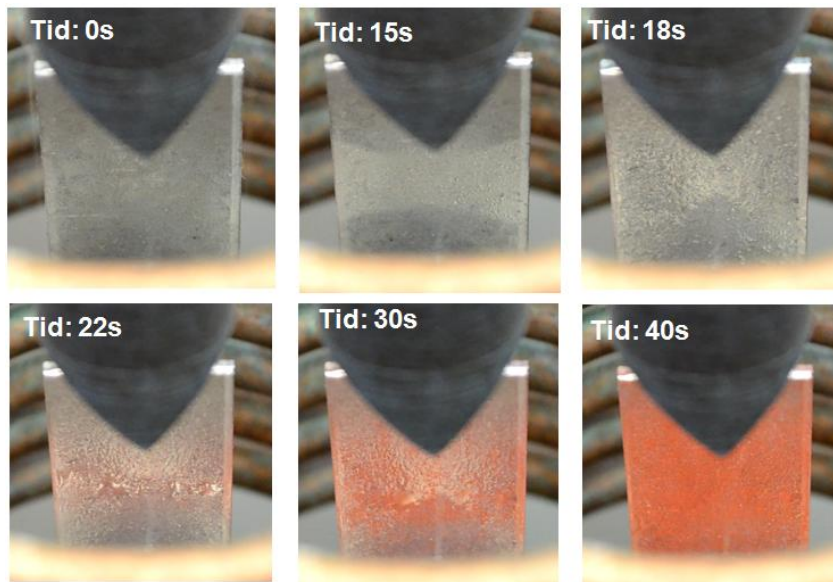


Bild 2, Översikt av värmningsförsök med omslutande induktor av rektangulära prover.

Utvärderingen av ytskikten gjordes på tvärsnitt av plåtarna. Från dessa tvärsnittsmätningar kan man utvärdera om skiktet sitter kvar, hur mycket sprickor det

innehåller samt få en uppfattning om det skett någon diffusion av beläggningen in i bulken och vice versa. Det man kan se är att i ohärdat tillstånd har man två skikt där det yttre till största del består av aluminium men med mindre inslag av kisel. Under detta skikt kan man urskilja ett skikt med högre kiselhalt.

Utvärderingen av tvärsnitten visar att skikten är känsliga och ställer höga krav på försiktighet vid provberedning inför utvärderingen. I bild 3 återges uppvärmningsförsök för effekt 20 % där olika hålltider användes. Från detta kan man tydligt se att skiktet förstörs ju längre hålltid man använder. Endast på provet som har kortast hålltid verkar skiktet hålla. Detta skikt har i princip bara smält beläggningen varpå det kylde. Man kan dock inte se någon större skillnad på detta skikt jämfört med det ohärdade referensskiktet. I skiktet med hålltid på 30 sekunder kan man urskilja viss skillnad med mer av den mer gråa fasen i skiktet jämfört med den vitare aluminiumrika fasen. För hålltider på mer än en minut spricker skiktet upp och försvinner helt och hållet.

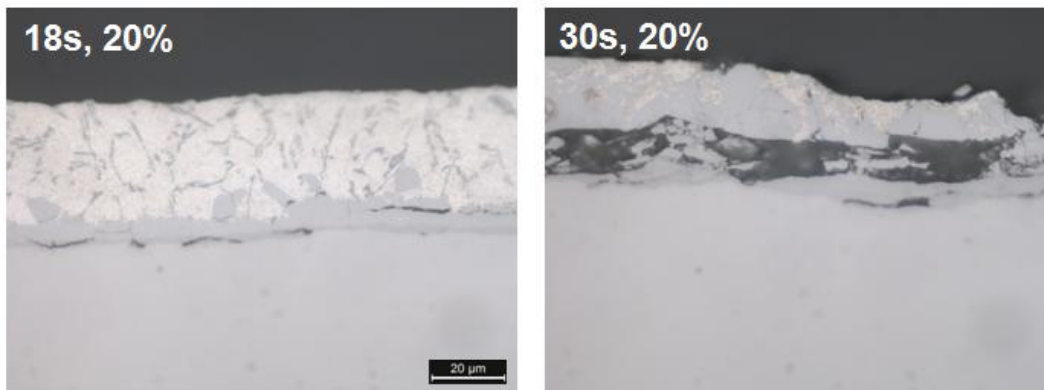


Bild 3, Översikt av värmningsförsök med omslutande induktor av rektangulära prover för olika hålltider.

Efter fortsatt provning fann man ett uppvärmningskoncept som lyckade generera prover med fullständig martensitisk struktur samt med ett bibehållet ytskikt enligt bild 4.

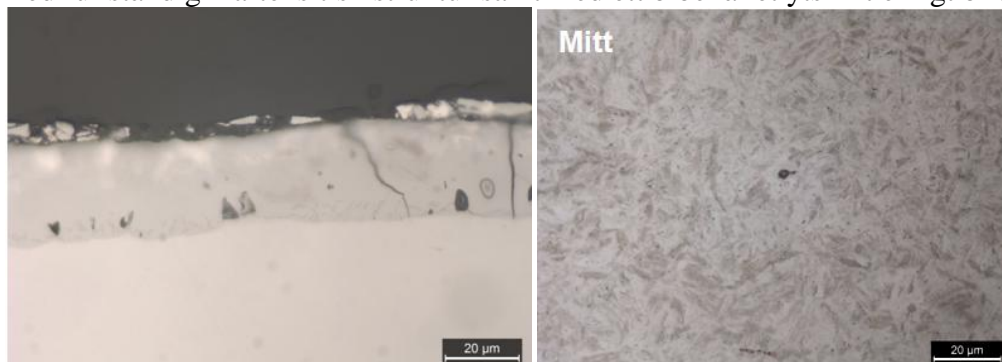


Bild 4, Till vänster återger det bibehållna skiktet på plåten som värmts med en två stegs induktionsuppvärmning och den högra bilden återger den martensitiska strukturen för provet.

5.3 Bidrag till FFI-mål

Resultaten från denna förstudie visar framförallt på en stor möjlighet för den utredda tekniken. Men för att implementera tekniken behövs ytterligare forskning genomföras i ett huvudprojekt. Vad gäller de mål uppsatta för FFI programmet uppfylls dessa inte efter denna inledande förstudie men efter ett huvudprojekt kommer dessa mål att uppfyllas. Vad det gäller miljöaspekten innebär möjliggörandet av tekniken att fordon kan bli lättare genom större användningsområde för borstål. För individuella detaljer kan det även innebära att mycket av både process och transportkostnader kan minskas eftersom detaljer ej behöver skickas till externa leverantörer för härdning.

Om huvudprojektet faller väl ut och tekniken kan implementeras i produktion kommer detta innebära en tydlig konkurrensfördel både nationellt men även internationellt där Gnotec som komponentleverantör kommer ha ett stort försprång mot sina konkurrenter och få en tydlig roll som ägare av detta nya tillverkningskoncept. Även de övriga deltagarna i projektet kommer lyftas till en ny nivå och tillverka verktyg och utrustning för detta nya system som ej finns på marknaden i nuläget.

Mål inom VINNOVA/FFI-programmet Fordonsutveckling	Projektets måluppfyllnad
Höja den tekniska mognadsgraden (genom att mäta "technology readiness level", TRL) samt effektivisera metoder inom produktutveckling för att snabbare kunna industrialisera resultaten och öka kundvärdet.	Målet uppfylls vid genomförandet av ett huvudprojekt
Substantiell (mätbar) viktreduktion	Målet uppfylls i ett huvudprojekt då det nya tillverkningskonceptet möjliggör användandet av höghållfast stål med lägre vikt.
Substantiell kostnadsreduktion	Målet uppfylls i ett huvudprojekt då tillverkningskonceptet kommer innebära att processteg så som härdning kan slopas.
Väsentligt bättre materialegenskaper	Målet uppfylls då användandet av borstål innebär ett betydligt höghållfastare stål.

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

I det planerade fortsättningsprojektet ingår att publicera lämpliga resultat från projektet som vetenskapliga artiklar då vi ser att det finns stort intresse för denna teknik och att projektet ligger väl framme i forskningsfronten.

6.2 Publikationer

Inga från förstudien.

7. Slutsatser och fortsatt forskning

Resultaten från projektet visade tydliga möjligheter med tekniken men att ett helhetskoncept måste utvärderas i ett större huvudprojekt. I detta projekt identifierades ett uppvärmningskoncept som skapade förutsättningar till ett härdat material med bibehållet korrosionsskydd. Dock behöver uppvärmningen anpassas till rådande detaljgeometri vilket kommer styra hela utformningen av värmningskoncept från processinställningar till utformning av värmande induktorer och kylande verktyg. Det avgörande måttet på att detaljen är godkänd är korrosionsprovning av färdig detalj. Detta behöver göras för en större serie och på ett mer kontrollerat sätt i ett framtida huvudprojekt för att verifiera processen.

8. Deltagande parter och kontaktpersoner



Stefan Ottosson, Tomi Yrjölä



Nader Laalinia



Patrik Olsson



Jonas Holmberg (Projektledare), Johan Berglund