

Kvalitet, optimering och kosteffektiva svetsade strukturer - KOST-2010*Diarienummer: 2006-01680****Lätta optimerade svetsade strukturer (LOST)****Diarienummer; 2006-00563*

Verksamhetsbeskrivning och ekonomisk sammanställning till VINNOVA för perioden 2008-10-01 – 2009-03-31

Sammanfattning:

Den inom projektet framtagna svetsklasstandarden introduceras nu på Volvo och inom IIW som grund för en ny internationell standard. För att kontrollera att de nya kvalitetskraven innehålls i en tillverkad komponent har olika visionsystem utvärderats. Resultaten pekar på att de behöver kompletteras med ett användargränssnitt passande svetsar. Under året planerar SSAB att ge ut ny utgåva av plåthandboken vilken innehåller resultat från provning inom LOST. Betydligt högre utmattningsspänningar kommer att kunna tillåtas på skurna kanter än vad som tidigare har publicerats. Detta ger möjligheten till lättare och mer optimerade konstruktioner där skurna kanter är dimensionerande ur utmattningssynpunkt. Inom Processstyrning pågår utvärdering av preliminära prov och val av förstörande och oförstörande provning. Experiment för att hitta parameterområde för provning, dvs högt/lågt värde i svetsparametrar i bl a flertrådssvetsning pågår. Inom OFP pågår en studie för att kartlägga variationen i a-mått, tåradie och i-mått på en befintlig svetsprocess. Preliminära resultatet visar bl a allvarliga brister i vissa mätsystem som används för kvalitetsrevision. Det innebär att processvariationer inte kan kartläggas med befintlig mätprocedur. Under perioden har inom lasersvetsning fokus legat på att definiera processfönstret och processens robusthet med avseende på toleranser i foggeometri. Arbetet har baserat på de material och svetsgeometrier som gäller för demonstratorerna där också en första balk för HIAB har svetsats med gott resultat. Kursen Avancerad dimensionering av svetsade konstruktioner - introduktion till nya dimensioneringsmetoder på 6 hp genomfördes för andra gången i november på KTH med 19 deltagare varav ca hälften yrkesverksamma beräkningsingenjörer och resten teknologer och doktorander. Kursen har också körts inom Volvo samt i samarbete med en programvaruleverantör. Totalt har vi utbildat över 65 beräkningsingenjörer, teknologer och doktorander i avancerad dimensionering av svetsade konstruktioner, kursen ingår nu som årlig kurs på KTH.

1. Syfte

Det övergripande syftet med projekt är att genom ökad kvalitet i svetsade konstruktioner förbättra konkurrenskraften i den svenska farkostindustrin och dess huvudsakliga leverantörer av material och system. Detta sker genom utveckling och industrialisering av metoder och processer vilka leder till en bättre produktionskvalitet. Dessutom skapas en stark forskningsmiljö inom fogningsområdet genom samverkan mellan var för sig starka forskningsmiljöer samt industrins främsta specialister.

2. Deltagare

Volvo Construction Equipment	ESAB
Volvo Aero AB	FORCE Technology Sweden Ab
Volvo 3P	ÅF Kontroll
Volvo Bussar AB	Alfgam Optimering AB
Volvo Powertrain,	SSAB Tunnpå
Volvo Technology Corporation	SSAB Oxelösund
KTH, Institutionen för farkost- och flygteknik	Avd. för produktionsutveckling Inst. TFM Luleå tekniska universitet
HV Högskolan Väst	CTH Material och Tillverkningsteknik
Tillkommande från LOST	
Atlas Copco Rock Drills AB	Svetskommissionen
HIAB AB.	AHAN AB
Brink Sverige AB.	

Projektet bedrivs tillsammans med ett Tema LOST inom VINNOVAS program Lätta material och lättviktskonstruktioner vilket tillför arbetspaket inom laserhybrid, fem demonstratorer samt implementering av resultaten, nedan redovisas arbetspaketen kortfattat inkluderande LOST (WP7-13)

3. Resultat

Industriella resultat:

- Utmattningsprovning av korsprovstavar svetsade i olika lägen (stående, liggande och bästa läge) påvisar anmärkningsvärda resultat eftersom "bästa läge" PB uppvisar sämst utmattningshållfasthet. Liggande fog uppvisar väsentligt bättre resultat (> 40 % högre utmattningshållfasthet) WP1.
- Ett nytt svetsklasssystem har utvecklats och är nu en öppen Volvo Standard. Svetsklasssystemet har introducerats i internationella konferenser och som grund för internationella regler inom (IIW Commission XIII) (WP3).
- Ett antal olika kommersiella vision system har provats varvid de flesta system f n inte har uppnått en industriellt acceptabel nivå m a p användarvänlighet och noggrannhet. En anpassning av mjukvaran för mätning av svetsgeometrin saknas mm. Ett användargränssnitt för utvärdering av optiskt detekterad yttre svetsgeometri har påbörjats vid HV. (WP3)
- Resultat från omfattande provning hos SSAB visar att kombinationen avancerande höghållfasta stål och moderna skärmetoder ger potential utöver föreliggande normer vad gäller utmattningshållfasthet hos skärkanter. (WP4)
- Skapande av ett branschöverskridande nätverk inom OFP med deltagare både från tillverkare, utförare och universitet, där det synliggjordes att grundproblemet i första hand troligen inte är tekniskt utan relaterat till övergripande procedurer och områdets tvärvetenskapliga natur. Konstruktörer, tillverkare och provare har ofta inte samma synsätt och utgångspunkt vilket leder till svårigheter i att förstå varandra. En studie pågår för att kartlägga variationen i a-mått, tåradie och i-mått på en befintlig svetsprocess för 15 mm stålplåt pågår. Preliminära resultatet visar bl a på allvarliga brister inom teknikområdet (WP6).
- En utbildning av verksamma beräkningsingenjörer har genomförts på KTH Lättkonstruktioner, på 6 hp (högskolepoäng), på Volvo Buss och på MEDESO med över 65 deltagare från svensk verkstadsindustri och högskola (WP13).

Akademiska resultat:

- Doktorander anställda på LTU och HV deltar i projektet.
- En Tekn Dr har rekryterats till CTH för att bl a utveckla OFP-verksamheten inom LOST
- Zuheir Barsoum avlade doktorsavhandling med Titeln: Residual Stress Analysis and Fatigue Assessment of Welded Steel Structures, april 2008, han fortsätter som forskare inom LOST.
- Simuleringsrutiner har utvecklats i FEM för framtagning av generiska restspänningsfördelningar i vanligt förekommande svetsförband (WP1).
- Utmattningsprovning på KTH av provstavar svetsade med olika tillsats material och svetsprocesser visar att dessa har en inverkan på svetsdefekt förekomst, spänningskoncentrationer och utmattningshållfastheten (WP1).
- En försöksserie för att kategorisera typer av defekter har genomförts på HV (WP3).
- Processparametrar för svetsning av demonstrator nr. 1, 2 och 3 (WP8,9,1) har börjat vidareutvecklas (med stöd från ESAB) genom den nyinstallerade 15 kW fiberlaser på LTU. En viktig aspekt är hänsyn till geometriska toleranser (WP7).
- Höghastighetsfilmning av lasersvetsprocessen har utvecklats så att den följer med under experiment. Processövervakning är också installerad. En ny innovativ kunskapshanteringsmetod har börjat utvecklas för att högeffektivt dokumentera experimentell kunskap för att undvika svetsdefekter och för att möjliggöra en generellt teoretisk beskrivning. Den första versionen, kollad BFC (Bifurcation Flow Chart) har börjat användas. FE-analys av spänningsfält och resulterande 'stress-raiser' har påbörjats för att kunna förklara utmattningsbeteende och känsliga geometrier.

4. Pågående och under nästa period planerade aktiviteter

WP 1 Produktionstekniska aspekter på lokal geometri och lokalt inducerade spänningstillstånd m a p utmattningsdimensionering. I delprojektet studeras problem och noggrannhet vid utmattningsdimensionering av komponenter med hänsyn till olika tillverkningsaspekter.

Pågående: lokal svetsgeometrimätningar (tåradie) på nya svetsade provobjekt i olika svetslägen har påbörjats tillsammans med utmattningsprovning på de samma för att kvalitetssäkra resultaten från den tidigare studien. Defektanalys kommer att utföras för att undersöka förekomsten och storleken av svetsdefekter. Restspänningsmätningar kommer även att utföras.

Planerade: Svetsning av 2-3 paneler med icke lastbärande svetsförband (korsprovstavar) som därefter kommer att behandlas med förbättringsmetod; TIG omsmältning och UIT. Därefter ska dessa utmattningsprovas i syfte att studera livslängdsökningen med dessa metoder jämfört med svetslägesprovningen.

WP 2 Strukturoptimering. Arbete har påbörjats med att optimera delar av ett lyftramverk varvid svetsade detaljer ersättes med ett mer höghållfast stålgiutgods som svetsas in

Construction Equipment

mot ramsidorna, se figur. Inledande formoptimering har reducerat vikten ngt (8 %). Med introduktion av högre tillverkningskvalitet förväntas viktsreduktionen förbättras ytterligare.

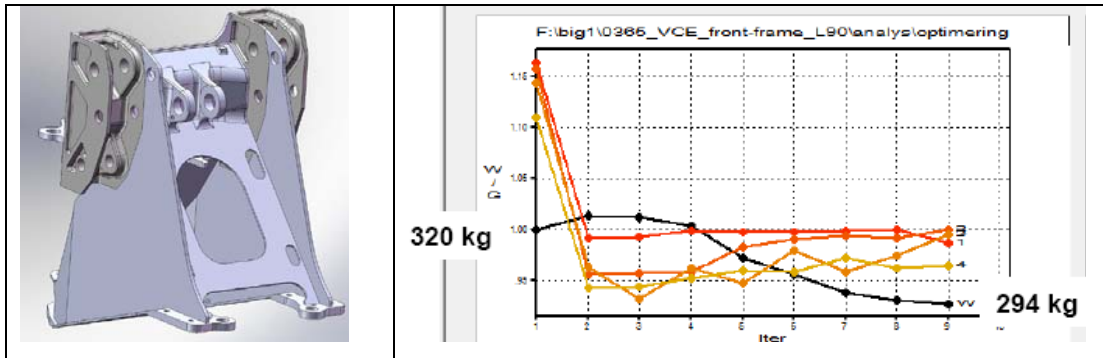


Fig 1. Lyftramverk och preliminära optimeringsresultat.

WP3 Utveckling av ny svetsklasstandard och kontrollsystem. Implementering av nya svetsklasser.

Ett nytt svetsklasssystem för bedömning av svetsars kvalitet är framtaget med en vetenskaplig grund som bas. Den har en känd koppling till utmattningshållfasthet vilket innebär att konstruktion och dimensionering hänger ihop med det verkliga utfallet i produktion och dess kontroll, vilket tidigare inte var fallet. Systemet innehåller endast relevanta acceptansgränser (kvalitetskrav) och gör det möjligt att optimera en komponent mot vikt och materialkvalitet. En ny högre svetsklass "as-welded" har införts, där man ställer krav på bla radien, svetsdiken och förekomst av cold-laps i övergången mellan svets och plåt. På svetsens insida har ett nytt mått, det s.k. i-måttet, införts jämte det traditionella a-måttet vilka båda anges på ritningen. Detta nya mått ska säkerställa utmattningshållfastheten på svetsens insida. För att kontrollera att de nya kvalitetskraven innehålls i en tillverkad komponent har olika visionsystem utvärderats. Resultaten pekar på att de alla behöver kompletteras med ett användargränssnitt passande svetsar. Systemen bör kunna hantera mätning inte bara av a-måttet utan även tex svetsens tå-radier och automatiskt presentera resultatet längs t ex en kontrollsträcka. Det nya svetsklasssystemet har presenterats i IIW / Commission XIII och kommer att ingå som grund för en ny internationell standard

WP 4 Förbättringsmetoder för svetsförband samt dimensioneringsunderlag för val-sade ytor och skurna kanter i höghållfast material.

Den omfattande utmattningsprovningen av skärkanter som skett inom LOST har varit till stor nytta för SSAB. Eftersom SSAB kontinuerligt har bevakat detta område under många år kan man se hur laser- och plasma skärningen har förbättrats över tiden. Ur utmattnings synpunkt ger modernare skärmaskiner bättre resultat än tidigare och vi bedömer att denna utveckling fortsätter. Under året planeras att ge ut ny utgåva av plåthandboken och där kommer resultaten från dessa prov att användas. Betydligt högre utmattningsspänningar kommer att kunna tillåtas på skurna kanter än vad som tidigare har publicerats. Detta ger

Construction Equipment

möjligheten till lättare och mer optimerade konstruktioner där skurna kanter är dimensionerande ur utmattningssynpunkt.

WP 5 Automatisering av kvalitetssäkrad svets- och förbättringsprocess. Processtyrning i löpande serieproduktion. För att lyckas med automatiserad serieproduktion med garanterad kvalitet krävs övervakning av svetsprocessen med sensor- och IT-stöd.

Pågående: Utvärdering av preliminära prov och val av förstörande och oförstörande provning. Experiment för att hitta parameterområde för provning, dvs högt/lågt värde i parametrarna Master-spänning, spänningsförhållande mellan de båda trådarna, Vinkel mellan trådarna, vinkel på munstycket samt trådmatningshastighet. Som baslinje i provningen väljs produktionsparametrar från VCE, En fixtur har tillverkats för provningen, och tid bokats för höghastighetsfilmning av valda delar av experimentserien. Experimenten kommer att genomföras delvis på ESAB, men huvudsakligen i Svetscellen på produktionstekniskt centrum, PTC.

WP 6 Kontrollstrategi för inre fel, produktionsanpassat system för oförstörande provning

Problembilden har utvecklats både på övergripande och också teknisk nivå för vad som styr krav-sättning av oförstörande provning inom ramen för de två tidigare definierade dimensionerna, mellanbranschproblematik och inombranschproblematik. Den senare innebär att konstruktion, produktion och inspektion inte har samma synsätt och utgångspunkt för hur och varför provning skall genomföras. Dessutom ger de yttre drivkrafterna i respektive bransch de olika funktionerna olika förutsättningar:

- Inom fordonsindustrin är den underliggande drivkraften i huvudsak genererade av de egenkrav som finns för att undvika reklamationskampanjer och för att undvika produktionsstopp. Bristen på tvärfunktionellt samarbete har identifierats som huvudorsaken till att svetsprocesserna är svåra att utveckla. Det saknas en övergripande fysisk aktör/funktion som kan leda nedbrytning av dessa egenkrav och balansera motsägelsefulla konsekvenser för konstruktion, produktion och inspektion. Vad som är bäst för konstruktion är ofta inte bäst för produktion och dessutom ställer till stora problem för inspektion vilket leder till sub-optimerad kvalitetsstyrning. Inom flyg/kärnkraft tillkommer förutom egenkraven de tekniska myndighetskraven vilket leder till en annan prioritering mellan kvalitetskontroll och processtyrning. Frågan är om kravbilden är helt underordnat de tekniska myndighetskraven eller om det finns branschöverskridande nyttor. Ur detta perspektiv verkar respektive bransch stå inför helt olika problem vad gäller vem som äger kravsättningen för provningen/inspektionen av svetsar.

För att förstå vilka tekniska krav som behöver ställas på inspektion och oförstörande provning måste den naturliga variationen av de kritiska kvalitetsparametrarna kartläggas i svetsprocessen. Vilken naturlig variation förekommer och vilken variation måste ett mätsystem klara av att detektera för att inspektionen skall vara tillförlitlig? Och hur mycket av den totala variationen kommer från svetsprocessen respektive de mätsystem som används i produktion och för kvalitetsrevision. En studie pågår för att kartlägga variationen i a-mått, tåradie och i-mått på en befintlig svetsprocess för 15 mm stålplåt. Preliminära resultatet visar bl a:

Construction Equipment

- Dels på allvarliga brister i de mätsystem som används för kvalitetsrevision av a-måttet. I a-måttsmätningen bidrar mätsystemet med mer variation i mätdata än vad svetsprocessen gör! Det innebär att processvariationen inte kan kartläggas med befintlig mätprocedur.. Mätsystemets precision kräver ytterligare kartläggning med gauge r&R (repeterbarhet & reproducerbarhet) och mätsystemanalys (MSA) för att bestämma dess repeterbarhet, reproducerbarhet, stabilitet och upplösning. Det finns idag inte någon bred förståelse och kunskap om varför och hur man gör detta.
- Dels att skillnaden (rangen) mellan max och min för inträngningsmåttet (i-måttet) i ovan nämnda svetsprocess i genomsnitt är 1,5mm längs svetsen för olika inställningar på styrningen av processen. Det innebär att den ofp-metod (UL, RT, EC o.d.) som skall användas för kvalitetssäkring av rotfel i svetsen måste kunna detektera denna variation. Detta leder inom fordonsindustrin till den inte helt enkla strategiska prioriteringen mellan att utveckla mätmetoderna eller att utveckla förståelsen för processens variationer för att omr möjligt att styra bort från det farliga området och det direkta mätproblemet. Utvecklingen av kvalitetsmetoderna drivs av de egenkrav som beskrivits ovan och begränsas av ”bristen på tvärfunktionellt samarbete”.

Ovanstående observationer och problemhypotes kräver både djupare studier av förståelsen för mätsystemsprecision i förhållande till den process som skallövervakas och också en djupare studie av svetsprocessens signal-, styr-, och brusfaktorer för att undersöka dess robusthet. Vad bör och kan övervakas i förhållande till egenkrav och investeringskostnader?

Planerad verksamhet: framtagning av försöksplan för kartläggning av vad som påverkar robusthet i olika processer.

WP7 Laser hybridsvetsning. Under perioden har fokus legat på att definiera processfönstret och processens robusthet med avseende på toleranser i foggeometri (t.ex. varierande spaltbredd, höjdavvikelse) och svetsläge (fokalpunktens läge i förhållande till svetsfogen). Arbetet har baserat på de material och svetsgeometrier som gäller för demonstratorerna 1 och 2 (WP 8 och WP 9). Detta har inneburit ett stort antal försök som dokumenterats med höghastighetsfilmning och med hjälp av externa sensorer. Resultatet är att processparametrar för svetsning av demonstrator nr. 1 och 2 där också en första balk för demonstrator 2 har svetsats med gott resultat. har börjat vidareutvecklas (med stöd från ESAB) genom den nyinstallerade 15 kW fiberlaser på LTU.

Under den kvartal 2 2009 kommer demonstrator 1 och 2 att svetsats för fortsatt utvärdering hos HIAB. Vad gäller demonstrator 3 avvaktas resultat från produktutvecklingen av den nya vågbalcken vid Volvo CE. Underlaget från de omfattande försöksserierna kommer att analyseras, innefattande FE simuleringar, och skapa grund för en bättre förståelse för laserhybridprocessen.

WP 8 Demonstrator Nr 1 Utskjutsprofil med optimalt svetsläge.

Sexkantprofilen är nu svetsad och ska skickas till Hiab för inspektion. Utvärdering av resultatet görs tillsammans av Luleå och Hiab.

WP9 Demonstrator 2: Stödbensutdrag med optimerade svetsar.

Ett av tre utdrag är nu svetsade. Två till ska svetsas under vecka 19 och sedan skickas till Hiab. På Hiab kommer stödbensinfästningar att svetsas på balkändarna så att utragen kan utmattningstestas i ett Hiab standardprov tillsammans med stödbensbalk och stödben. Resultaten ska jämföras med nuvarande utformning av utdragen.

WP10 Demonstrator 3: Lättare vågbalk för dumprar.

Pågående: En provbalk med en av de kritiska punkterna i boggibalken konstruerades, beräknades och påbörjades i utmattningstester. Problem med haveri i själva riggen ledde till att provbalken övergavs och man beslöt att konstruera direkt mot en färdig boggibalk, med de delresultat som erhöles från provbalken som stöd. Konstruktion pågår och utmattningstester för MAG-svetsade boggibalkar är planerade genomföras i Eskilstuna hos VCE. Arbetet pågår med bl a analys av alternativa svetsmetoder.

WP11 Demonstrator 4: Lättare lastaggregat

Pågående: . Arbeta med optimering av del av lastaggregatet pågår och ev så kommer optimeringsområdet att utvidgas för att ytterligare reducera vikten.

WP12 Demonstrator 5: Borrboomsdel. Den nya borrboomsdelen sitter på Boomer S1 som marknadsintroducerades jan 2008. Borrboomsdelen skulle omkonstruera väge i orginalutförande 242kg. Det nya utförandet väger 197kg, vilket är en viktbesparing på 45kg (23%). Av dessa 197kg utgör den provade tunnplåtskonstruktionen 69kg övrigt är cylindrar och gjutgods.

WP 13. Utbildning och implementering av teknik för dimensionering och tillverkning av lätta svetsade konstruktioner

Kursen: **Avancerad dimensionering av svetsade konstruktioner - introduktion till nya dimensioneringsmetoder** på 6 hp (nya högskolepoäng) genomfördes för andra gången 3-4 November på KTH (Inst. f. Lättkonstruktioner) med 19 deltagare varav ca hälften yrkesverksamma beräkningsingenjörer och resten teknologer och doktorander. Kursen har också körts inom Volvo (Volvo Buss) samt i samarbete med MEDESÖ (leverantör av beräkningsprogram). Totalt har vi fn. utbildat över 65 beräkningsingenjörer, teknologer och doktorander i avancerad dimensionering varav ca 50 är yrkesverksamma beräkningsingenjörer från ca 30 industri- och konsultföretag. En ny kursomgång planeras på KTH i November 2009. LOST/KOST har presenterats på flera konferenser, på St Eriks Mässan, Mera on Tour (Umeå, Borlänge och Jönköping) samt på Svetskommissionens Forskningsseminarium 18 November i Stockholm. En webbsida för LOST är upprättad på KTH, inst för Lättkonstruktioner, med adressen: <http://www.lightweightstructures.se/> Sedan på research / LOST. Deltagare från LOST redovisar resultat på MEDESÖ simulation Symposium i Västerås i Maj 2009. En slutkonferens för LOST/KOST planeras, preliminärt Mars 2010.

Construction Equipment**4. Samverkan med andra projekt.**

Projektet samverkar med Mera projektet RMS m a p processtyrning och kontroll. Samverkan med VINNOVA projektet HYBRIGTH förutses m a p dimensionering av olika hybridgeometrier mm. Samverkan inom IIW där doktorander och linjespecialister deltar. Deltagare från LOST ingår också i det nyligen uppstartade KK-projektet ANDTE inom automatisering av OFP på HV.

5. Publikationer

- [1] Marquis G., Samuelsson J., Agerskov H. and Haagensen P. J., (editors) Integrated Design and Manufacturing of Welded Structures, proceedings International symposium, March 13-14 Eskilstuna Report 18, Lappeenranta University of Technology, 2007
- [2] Samuelsson, J. Marquis G., Hansen A., and Haagensen P. J., Research to improve the quality of advanced fabricated structures, *ibid.*, pp.1-9
- [3] Barsoum, Z. Fatigue strength of cruciform joints fabricated with different welding processes, *ibid.*, pp.57-74
- [4] Järvstråt, N. and Sohi, M. Surface geometry measurements for SCF assessment, *ibid.* pp.105-107
- [5] Byggnevi, M. and Mrden, N. Fatigue performance of gas cut edges, *ibid.*, pp.109-123
- [6] Barsoum, Z. Prediction of welding residual stresses, *ibid.*, pp 183-203
- [7] Gustafsson, M. Fatigue of high strength steel welded joints under spectrum load, *ibid.* pp. 249-296
- [8] Jonsson, B. FE base design procedures for fatigue loaded components, *ibid.*, pp. 309-320
- [9] Jonsson, B. Revision of Volvo's weld quality rules, *ibid.*, pp. 337-353
- [10] Edstorp, M. Numerical simulation of the weld pool, *ibid.*, pp. 355-359
- [11] Gustafsson, M. Fatigue strength of HSS joints welded with martensitic filler material, *ibid.*, pp. 373-379
- [12] Samuelsson, J., (editor), Integrated Design and Manufacturing of Welded Structures, Nordic Innovation Center, 2007
- [13] Samuelsson, J. Marquis G., Agerskv, H., and Haagensen P. J., Work in progress on fatigue of welded structures in the Nordic countries, IIW Document XIII-2168-07, IIW Annual Assembly Dubrovnik, 2007
- [14] Barsoum, Z. and Jonsson, B. Fatigue assessment and LEFM analysis of cruciform joints fabricated with different Welding processes, IIW Document XIII-2175-07, IIW Annual Assembly Dubrovnik, 2007, to be published in Welding in the World
- [15] Barsoum, Z. Spectrum fatigue of high strength steel joints welded with low temperature transformation consumables, 2nd International Conference on Fatigue Design 07, Senlis, 20-22 november 2007
- [16] Jonsson, B. A proposal for a new weld class system , 2nd International Conference on Fatigue Design 07, Senlis, 20-22 november 2007
- [17] Sikström, F. Simulation as a tool for design of an adaptive welding system, Swedish Production Seminar, Göteborg 2007
- [18] Peigang Li Investigation on the quality of automated tandem-arc welds, Diploma work No.121/2008, ISSN 1652-8913, HV, 2008
- [19] Barsoum, Z. Residual Stress Analysis and Fatigue Assessment of Welded Structures, PhD-thesis, TRITA-AVE 2008:11, KTH, 2008
- [20] Methods for automatic inspection of weld geometry, Bachelor's thesis, report 2008:MR01, Mechatronics Engineering, Robotics and Embedded Systems, Department of Engineering Science, HV, 2008,
- [21] Jonsson, B. and Samuelsson, J. A new weld class system, IIW doc. XIII-2235-08, IIW Annual Assembly Graz, Austria, 2008
- [22] Jonsson, B. and Samuelsson, J, AB VOLVO's nya svetsklass standard, Tidningen Svetsen Nr 1 2009, Svetskommissionen
- [23] Barsoum, Z. and Lundbäck, Simplified FE simulation of fillet Welds – 3D-effects on the formation of residual stresses, Accepted for Publication, Engineering Failure Analysis, 2009