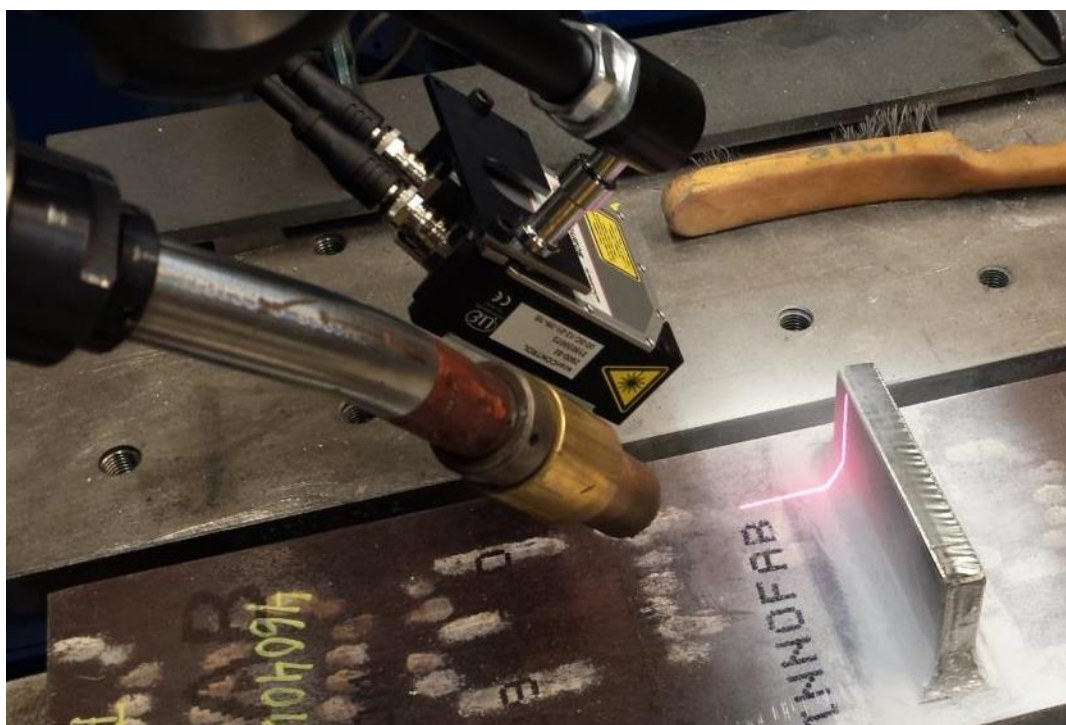


Slutrapport för FFI-projektet "Ny on-line-metod för kvalitetssäkring av svetsade konstruktioner (ONWELD), Vinnova Dnr 2013-04696



Författare: Joakim Hedegård, Christof Schneider, Zuheir Barsoum, Thomas Stenberg, Per Åberg, Johan T Nilsson

Datum: 2016-12-01

Delprogram: FFI – Hållbar Produktion

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary.....	4
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, frågeställningar och metod.....	6
5 Mål	6
6 Resultat och måluppfyllelse	7
7 Spridning och publicering	8
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	8
7.2 Publikationer.....	8
8 Slutsatser och fortsatt forskning	8
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	9

1 Sammanfattning

Svensk industri, likaväl som övrig svetsande industri, har ännu inte fullt ut nått kvalitetssäkrade och optimerade produktionsmetoder -för att möjliggöra en användning av nya höghållfasta material i svetsade strukturer med höga krav på utmattningsprestanda. Det är svårt att säkra en kontinuerligt jämn och hög svetskvalitet med dagens kvalitetsteknik, vilken till stor del baseras på efterkontroll av ett fåtal bestämda eller slumpade positioner i konstruktionen. Detta begränsar användningen av avancerade höghållfasta stål i utmattningsbelastade konstruktioner och skapar onödigt tunga och dyra produkter pga överproduktion. Kvalitetskontrollen påverkas dessutom av subjektiva (mänskliga) bedömningar då verktyg och mätvärden ska hanteras och tolkas. Det finns en stor potentiell viktsbesparing att tillgodoräkna sig på omkring 20-40% för svetsade konstruktioner om kvalitetssäkringen kan utföras enkelt, repeterbart, kontinuerligt och med säkerhet. En högre optimeringsgrad avseende hållfasthet, godstjocklek och totalvikt skulle kunna nås. Med nya, mer noggranna on-line-metoder för kvalitetssäkring med anpassad databehandling av uppmätta värden skapas en stor förbättringspotential för både dimensionering och produktionsprocesser. Dessutom ges en möjlighet till ökad livslängd av utmattningsbelastade svetsade konstruktioner, om varje del av en svetsad produkt kan verifieras mot krav. Detta är en möjliggörare för hållbar produktion av framtida fordon, med från optimerad lättviktskonstruktion till anläggningsmaskiner med hög optimeringsgrad och möjlighet till ökad produktivslängd. Generellt kan färre reparationer i tillverkning och lägre miljöpåverkan nås (genom mer lätta och optimerade konstruktioner). En optimerad svetsgodskonsumtion (ytterligare minskad vikt genom mindre och mer optimerade svetsförband) skulle även bli möjlig om svetsprocesserna bättre kunde kvalitetssäkras.

Detta projekt, FFI-ONWELD, har fokuserat på att ta fram teknik för att förbättra dessa områden. Projektet har undersökt potentialen för att applicera ny laserskanningsteknik i kombination med nyutvecklade algoritmer för automatiserad kvalitetssäkring av svetsars geometri. En demonstrator i form av ett prototyp-system har utvecklats i projektet och testats i olika miljöer.

Det huvudsakliga målet med projektet har varit att möjliggöra on-line-utvärdering av stora mängder kontinuerliga svetsar/fogar på ett noggrant och repeterbart sätt – och därmed möjliggöra mer optimerade konstruktioner.

Det har också varit ett mål att utvärdera hur den informationen som samlas in skulle kunna användas för återkoppling, dvs för att förbättra styrningen av svetsprocessen och robotens styrsystem.

Projektet har även haft som mål att bidra till ökad konkurrenskraft samt hållbar tillverkning för den svenska industrin genom ökad produktivslängd, ökad kvalitet samt minskad klimatpåverkan. Kostnadsbesparingar har förväntats kunna nås som en följd av projektet, genom minskning av överdrivna säkerhetsmarginaler i gods- och svetsstorlek samt minskning av slöseri genom överproduktion, omarbete och överarbete. Att ta fram guidelines för hur den nya tekniken ska användas har också varit ett mål, liksom att anpassa tekniken för industriell miljö.

Projektet har bedrivits mellan 1:a December 2013 och 1:a December 2016, det har omfattat drygt 6,6Mkr varav 3,3Mkr är finansiering från Vinnova. Arbetet i projektet har bedrivits i samverkan mellan högskola, institut och företag i 7 arbetspaket med inledande uppgifter att definiera behov och krav på ett nytt mättekniskt system samt identifiera möjliga lösningar. Därefter har algoritmer utvecklats och testats, införts i prototypsystem som sedan via olika tester utvärderats och förbättrats stegvis. Genom att ta systemet till olika deltagande företag har tekniken provats och visats som en demonstrator. Då erhöles många bra synpunkter på systemets funktion. Acceptansen för ett nytt mätsystem av denna typ testades också och allt detta ledde till många intressanta diskussioner. Det grafiska interfacet (GUI) har förbättrats efter kommentarerna, liksom datahantering och algoritmerna. ABB och ESAB har studerat hur ett ONWELD system kan användas i deras produkter. Projektet följde tidplanen bra fram till december 2015. Då upptäcktes i en workshop att systemet var alltför känsligt för vibrationer och ett fokus sattes då på att förstå och lösa dessa problem eftersom ett vibrationskänsligt system är omöjligt att implementera i industriell miljö. Det blev ett antal tester och förbättringsåtgärder innan problemet bedömdes vara under kontroll. Därmed hanns inte de sista uppgifterna med i projektet av resurs och tidsskäl. Att anpassa / förbereda mätsystemet till on-line mätning samtidigt som svetsning görs har därför inte kunnat fullbordas. Detta ska istället ske inom ramen för ett annat projekt – ett Vinnova Vinn-Verifiera projekt har beviljats och det blir ett start-upp bolag (NWG AB) som går igång efter detta forskningsprojekt och ska ta systemet vidare till en fungerande produkt för industrin. När det gäller guidelines för hur man ska använda ett system som ONWELD har vi insett att vi vet ännu för lite för att kunna skriva bra guidelines. I slutet av projektet ONWELD har vi konstaterat att vi nu

har ett nytt fält för kvalitetssäkring som öppnar sig –massor med data genereras, olika parametrar längs med hela förband som scannas, men frågan är: vilka data eller datakombinationer är egentligen viktigast för att säkra kvaliteten för en konstruktions livslängd? Projektgruppen är överens om att medelvärden och spridning från dessa är intressanta mått, men troligen inte tillräckligt. Inte heller är extremvärden min, max, tillräckligt. Projektgruppen anser att detta behöver undersökas mer. Forskning i detta område är högaktuellt, med verktyget ONWELD som dokumentationsverktyg.

Projektet har presenterat vid flera FFI-konferenser och populära artiklar i Svetsen och SSAB News. En vetenskaplig artikel (Welding in the World) och en öppen slutkonferens planeras nu tillsammans med Svetskommissionen. Projektresultaten kommer även att visas i utbildningar vid KTH (IVE & Masternivå). Till denna rapport hör även en ppt-presentation som innehåller mer bilder och bakgrundsinformation. Vi vill även belysa att Thomas Stenberg belönats med Swedish Steel Research Prize 2015 för sitt framgångsrika arbete med algoritmutveckling i projektet.

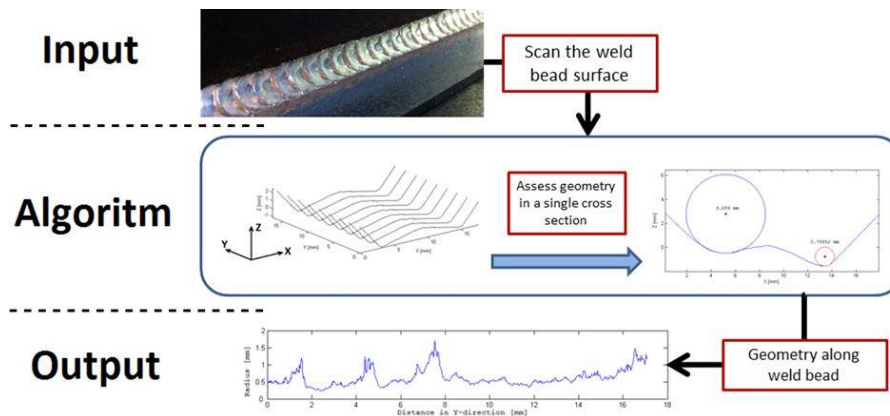


Bild 1. Illustration av hur ONWELD-systemet arbetar med indata, beräkningar och resultatpresentation.

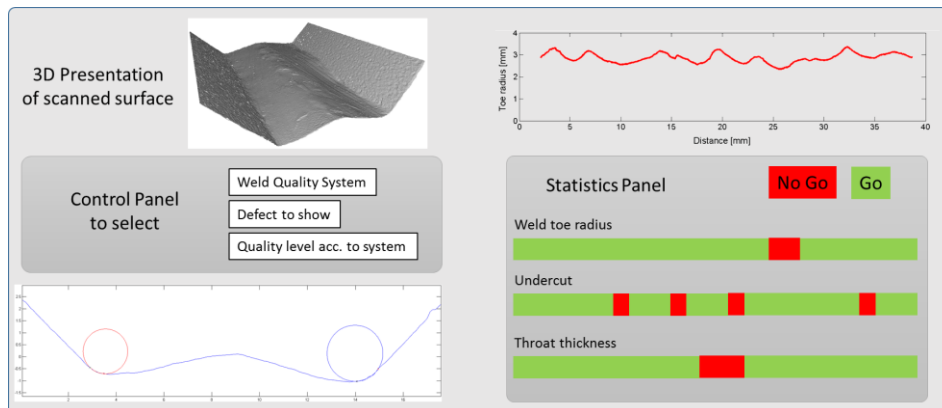


Bild 2. En tidig version av GUI, för samlad resultatpresentation. Flera versioner har gjorts.

2 Executive summary

The Swedish industry, as well as industry in other countries, has not fully succeeded in introducing production methods to be able to use the new AHSS materials in welded structures with high demand on fatigue resistance. High quality requirements on welded joints are difficult to secure and this has limited the introduction of more Advanced High Strength Steels (AHSS) which could save 20 - 40 % weight of welded structures.

With new, more accurate on-line Quality Assurance (QA) techniques there is a great potential for optimization of design criteria and manufacturing, and by that also increased life for fatigue loaded structures. This would serve as enablers for sustainable manufacturing of future vehicles, from light weight cars to construction equipment, with less scrapping, improved product life, and lower environmental impact as a result.

This research project (ONWELD) serves to investigate and verify the potential for new laser scanning technologies and developed algorithms as a modern tool for automated, unbiased geometrical weld quality assurance. The main goal is to enable a complete, rapid on-line evaluation of large quantities of welds in an accurate and repeatable fashion. The information gathered will also be evaluated for use in improved process control, in welding power sources and robot control systems. The project will contribute to improved competitiveness and sustainable manufacturing in the Swedish industry through increased product life, quality and reduced environmental impact (by reduced product weight and more efficient manufacturing). Cost savings will be reached through reduction of excessive safety margins, reduction of overproduction, rework and over processing.

Other goals for the project are: To develop guidelines for how to use the new technology, and to adapt the technology for an industrial environment.

The project has been running between Dec 1st 2013 and Dec 1st 2016. It has comprised of 6.6MSEK and 3.3MSEK of this was financed by Vinnova. The project has run in close cooperation between academy, institute and participating companies in 7 work packages. Initial tasks were to define needs and demands for a new measurement system – and to identify possible solutions. Thereafter has algorithms been developed and implemented in a test system, which later became a demonstrator that was evaluated in different sites and companies. These tests gave input for improvements in an iterative work procedure. The algorithms and the graphical interface has been improved several times. ABB and ESAB have studied how the ONWELD system could be used in a future closed-loop-process-and-robot-control.

The project was running in accordance with time and plan until Dec 2015, where a vibration sensitivity was discovered in a workshop with the system. Then, all focus was set on solving the vibration issues (if not, an industrial application would be impossible). The following tests and improvements took long time and effort and it was quite recently that the system was verified to run well with robustness. Of this reason, the last tasks in the ONWELD project could not be fully performed: the rest of the industrial adaptation (light, smoke) could not be managed within the project and the guidelines on how to use the system was difficult to manage – of more than the time reason. There is a vast amount of detailed data coming from the system, and the project has found that more research is actually needed in this area to derive which data that are the most important quality and life-influencing parameters. The ONWELD technology will now be developed into a product in a separate project, newly financed by the Vinnova Vinn-Verifera programme.

In Figures 1 and 2 above, an illustration of how the system works and an early graphic results view (GUI) from the system are shown. Several GUI:s were developed in the project, with different goals (user types). The project has disseminated through several FFI-conferences, popular articles in Svetsen and SSAB News, and a research article is now under development (Welding in the World) and an open conference in planning, with the Swedish Welding Commission. Project results will also be shown in education at KTH Master and IWE levels.

To this report is also a ppt-presentation enclosed, with more information.

Last but not least, we would like to inform that Thomas Stenberg has been awarded the Swedish Steel Research Prize 2015 for his successful development of algorithms in the project FFI-ONWELD.

3 Bakgrund

Svensk industri har ännu inte fullt ut nått kvalitetssäkrade och optimerade produktionsmetoder -för att möjliggöra en användning av nya höghållfasta material i svetsade strukturer med höga krav på utmattningsprestanda. Det är svårt att säkra en kontinuerligt jämn och hög svetskvalitet med dagens kvalitetsteknik, vilken till stor del baseras på efterkontroll av ett fåtal bestämda eller slumpade positioner i konstruktionen. Detta begränsar användningen av avancerade höghållfasta stål i utmattningsbelastade konstruktioner och skapar onödigt tunga och dyra produkter pga överproduktion. Kvalitetskontrollen påverkas dessutom av subjektiva (mänskliga) bedömningar då verktyg och mätvärden ska hanteras och tolkas. Det finns en stor potentiell viktsbesparing att tillgodoräkna sig på omkring 20-40% för svetsade

konstruktioner om kvalitetssäkringen kan utföras enkelt, repeterbart, kontinuerligt och med säkerhet. En högre optimeringsgrad avseende hållfasthet, godstjocklek och totalvikt skulle kunna nås. Med nya, mer noggranna on-line-metoder för kvalitetssäkring med anpassad databehandling av uppmätta värden skapas en stor förbättringspotential för både dimensionering och produktionsprocesser. Dessutom ges en möjlighet till ökad livslängd av utmattningsbelastade svetsade konstruktioner, om varje del av en svetsad produkt kan verifieras mot krav. Detta är en möjliggörare för hållbar produktion av framtida fordon, med från optimerad lättviktskonstruktion till anläggningsmaskiner med hög optimeringsgrad och möjlighet till ökad produktivlivslängd. Generellt kan färre reparationer i tillverkning och lägre miljöpåverkan nås (genom mer lätta och optimerade konstruktioner). En optimerad svetsgodskonsumtion (ytterligare minskad vikt genom mindre och mer optimerade svetsförband) skulle även bli möjlig om svetsprocesserna bättre kunde kvalitetssäkras. Detta projekt, FFI-ONWELD, har fokuserats på att ta fram teknik för att förbättra dessa områden.

4 Syfte, frågeställningar och metod

Projektet syftade till att undersöka och verifiera potentialen för ny laserskanningsteknik som tillsammans med utvecklade algoritmer skulle kunna möjliggöra automatiserad kvalitetssäkring av svetsars geometri. Frågeställningarna innefattade kravsättning på ett tänkt system; vad ska detekteras, med vilken noggrannhet och hur snabbt. Dessutom vilken tänkbar hårdvara som kunde passa och hur den kan anpassas, samt hur algoritmerna ska utvecklas (indelning, metod, prestanda). Programmiljö var en annan fråga, samt hur resultaten ska presenteras. Placering i robotcell, infästning i robot och scanningsmetodik var också frågor att hantera.

Metodiken tillämpad i projektet var att efter kravsättning identifiera möjlig hårdvara och mjukvara, göra första set-up för dessa samt därefter utveckla i iterativa steg med modifiering/komplettering samt via verifieringstester i deltagande företag vidareutveckla tekniken. Prototypsystemet växte fram och blev successivt en demonstrator som togs ut till deltagande företag, visades, testades och diskuterades på plats. Förbättringar identifierades, implementerades och testades igen. På detta sätt växte systemet med ökande kapacitet och de industriella möjligheterna och begränsningarna observerades.

5 Mål

Det huvudsakliga målet med projektet har varit att möjliggöra on-line-utvärdering av stora mängder kontinuerliga svetsar/fogar på ett noggrant och repeterbart sätt – och därmed möjliggöra mer optimerade konstruktioner. Det har också varit ett mål att utvärdera hur den informationen som samlas in skulle kunna användas för återkoppling, dvs för att förbättra styrningen av svetsprocessen och robotens styrsystem. Projektet har även haft som mål att bidra till ökad konkurrenskraft samt hållbar tillverkning för den svenska industrin genom ökad produktivlivslängd, ökad kvalitet samt minskad klimatpåverkan. Kostnadsbesparingar har förväntats kunna nås som en följd av projektet, genom minskning av överdrivna säkerhetsmarginaler i gods- och svetsstorlek samt minskning av slöseri genom överproduktion, omarbete och överarbete. Att ta fram guidelines för hur den nya tekniken ska användas har också varit ett mål, liksom att anpassa tekniken för industriell miljö.

I ansökan beskrevs målen enligt följande:

- Implementera ökad industriell kontroll och kunskap inom automatiserad kvalitetssäkring av svetsade förband
- Identifiera kostnadsbesparingar som möjliggörs genom att med bättre kvalitetskontroll kunna undvika överproduktion, omarbete och kassation
- Bidra till ökad konkurrenskraft och hållbar tillverkning genom att möjliggöra ökad livslängd, kvalitet samt minskad miljöpåverkan
- Möjliggöra ytterligare introduktion av mer effektiva material (vikt-styrka) i svetsade konstruktioner
- Utvärdera och demonstrera ett automatiserat QA system i industriell miljö
- Utvärdera möjligheter för ökad processkontroll för det nyutvecklade QA-systemet

Projektet följde tidplan och måluppfyllande bra fram till december 2015. Då upptäcktes i en workshop att systemet var alltför känsligt för vibrationer och ett fokus sattes då på att förstå och lösa dessa problem

eftersom ett vibrationskänsligt system är omöjligt att implementera i industriell miljö. Det blev ett antal tester och förbättringsåtgärder innan problemet bedömdes vara under kontroll. Därmed hanns inte de sista uppgifterna med i projektet av resurs och tidskäl. Mer information under målpuffyllelse nedan.

6 Resultat och målpuffyllelse

Projektet har tagit fram ett prototypsystem för ny automatiserad QA-teknik. Systemet kallas ONWELD och under projektets gång har detta förbättrats genom olika workshops och tester. När projektet FFI-ONWELD nu är slut konstaterar vi att ett intressant och kapabelt prototypsystem tagits fram i projektet. Denna del av utvecklingen i projektet har varit framgångsrik. Systemet ger en stor mängd detaljerade data under scanning och hela geometrier längs med svetsar / fogar kan scannas och dokumenteras. Detta öppnar upp ett nytt fält för kvalitetssäkring, med många nya frågor kopplade till livslängd och optimering – vilka data är egentligen de viktigaste och hur ska vi styra kvalitetssäkringen för att få ut största nytta?

När det gäller industrialiseringen så har inte alla aspekter hunnits med. Vibrationer har hanterats, men ännu inte rök och ljus i svetsande produktion. Att anpassa / förbereda mätsystemet fullt ut till on-line mätning samtidigt som svetsning görs har därför inte kunnat fullbordas. Detta ska istället ske inom ramen för ett annat projekt – ett Vinnova Vinn-Verifiera projekt har beviljats och det blir ett start-upp bolag (NWG AB) som emanerar ut från detta ONWELD-forskningsprojekt och ska ta systemet vidare till en fungerande produkt för industrin. När det gäller guidelines för hur man ska använda ett system som ONWELD har vi insett att vi ännu vet för lite för att kunna skriva bra guidelines. Mer forskning behövs i området.

Den utvecklade prototypen kan nu med fördel användas i fler forskningsprojekt som ett oberoende mätsystem samt för framtagande av robusta svetsprocessinställningar i både industrin och i utvecklingslab. ABB och ESAB konstaterar: när vi inte ännu har en realtidsåterkoppling har vi ändå en återkoppling i form av att bättre mätmetod underlättar produktförbättring på det område där den bättre mätmetoden används. Alltså, användning av denna svetsprofilmätning i utvecklingslaboratorierna ger mer tonvikt på bra svetsprofil i utvecklingsansträngningarna. Hur systemet ska kopplas in i en robotcell när den industriella miljön kan klaras full ut visas i bild 3 nedan. När ett kommersiellt system är tillgängligt är vi övertygade om att detta kommer att bli ett fantastiskt verktyg för att kunna optimera, kvalitetssäkra och styra tillverknigen. Leveranserna från FFI-ONWELD bidrar till FFI-programmets mål idag genom att ett verktyg är framtaget som kan möjliggöra mer hållbar produktion. Efter Vinn-Verifiera projektets fullbordande kommer bidraget att bli väsentligt större. Således: projektmålen delvis nådda, och en väg framåt som är mycket intressant.

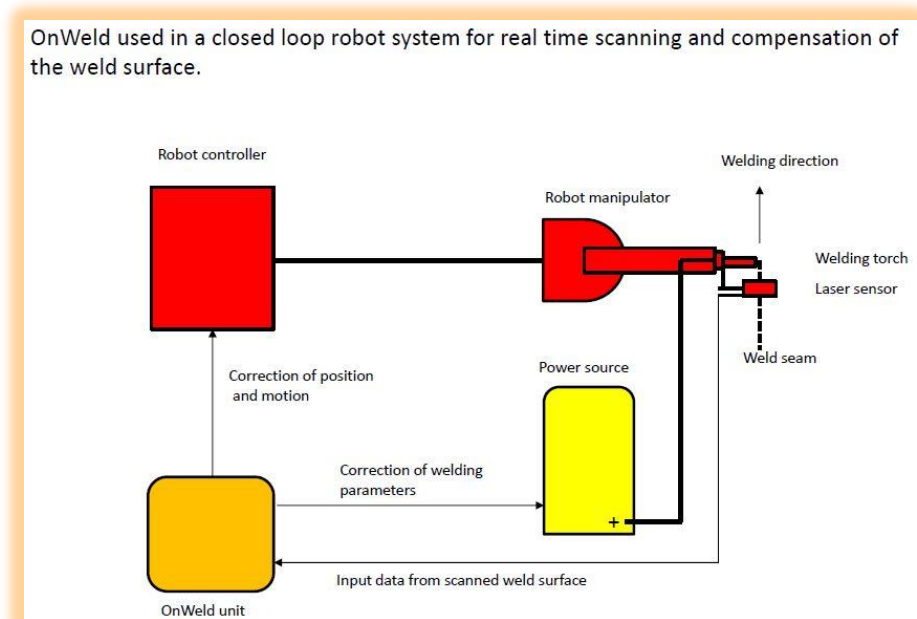


Bild 3. Illustration av hur en in-line inkoppling av ONWELD systemet ska utföras.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultat spridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Absolut. Dels är det ett nytt fält av kvalitetssäkring som öppnar sig, dels kan tekniken idag användas till att optimera svetsmaskiner, processinställningar. Resultaten ska tas till utbildningar så att teknologer och IWE elever kan ta till sig möjligheterna
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Ja, tekniken används i flera pågående forskningsprojekt och planeras även att forskas vidare på i nya projekt
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Ja, ett Vinn-Verifiera projekt som startar nu
Introduceras på marknaden	X	Senare, efter Vinn-Verifiera projektet
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		Det kan bli aktuellt, som verktyg / underlag för kommande standardiseringsarbete.

7.2 Publikationer

Följande publikationer är utförda och planeras inom kort:

- "Kontrollmetoden som säkerställer svetsningen", Thomas Stenberg, SSAB News.
- "Modern kvalitetssäkring av svetsförband – ett stort steg mot industri 4.0", Thomas Stenberg, Zuheir Barsoum, Eric Lindgren, Christof Schneider, Tidningen Svetsen, nr 3 2016.
- "Quality control and assurance of the weld production of fatigue loaded structures", Thomas Stenberg, Zuheir Barsoum, Erik Åstrand, Anna Ericson-Öberg, Christof Schneider, Joakim Hedegård, ett forskningspaper som sänds in till Welding in the World inom kort.

Utöver detta har det publicerats flera notiser och artiklar om att Thomas Stenberg fått Swedish Steel Research Prize år 2015 för sin framgångsrika utveckling av algoritmerna i projektet FFI-ONWELD: "Stenberg won the 2015 Swedish Steel Prize University Challenge for developing a quality assurance method for weld joints. His work will contribute to the development of software and measuring equipment for use in future industrial production lines."
SSAB, 2015

Thomas Stenberg har även disputerat och avhandlingen har titeln: " Fatigue properties of cut and welded high strength steels - Quality aspects in design and production".

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Slutsatser:

- Projektet har tagit fram ett prototypsystem för ny automatiserad QA-teknik. Denna del av utvecklingen i projektet har varit framgångsrik.
- Prototypsystemet ger en stor mängd detaljerade data under scanning och hela geometrier längs med svetsar / fogar kan scannas och dokumenteras. Detta öppnar upp ett nytt fält för kvalitetssäkring, med många nya frågor kopplade till livslängdspåverkan och optimeringsinsatser.
- Projektet och Thomas Stenberg har fått stor synlighet, Thomas tilldelades Swedish Steel Research Prize 2015 för sitt framgångsrika arbete med algoritmutveckling.

- Industrialiseringen har endast delvis kunnat adresseras i projektet. Vibrationer kan nu hanteras men rök och kraftigt ljus återstår att lösa – detta görs nu i ett Vinn-Verifiera projekt som nyligen beviljats. Ett start-upp bolag NWE (Nordic Welding Engineers) skapas för att ta fram en kommersiell produkt av ONWELD.
- Mer forskning behövs i området för att bra guidelines ska kunna skrivas för denna nya kvalitetssäkringsteknik (vi behöver veta mer om vilka parametrar och kombinationer av parametrar som är mest kvalitetspåverkande).
- Den utvecklade prototypen kan med fördel redan nu användas i forskningsprojekt som ett oberoende mätsystem samt för framtagande av robusta svetsprocessinställningar i både industrin och i utvecklingslab.
- När ett kommersiellt system är tillgängligt är vi övertygade om att detta kommer att bli ett fantastiskt verktyg för att kunna optimera, kvalitetssäkra och styra tillverkningen.
- Leveranserna från FFI-ONWELD bidrar till FFI-programmets mål idag genom att ett verktyg är framtaget som kan möjliggöra mer hållbar produktion. Efter Vinn-Verifiera projektets fullbordande kommer bidraget att bli väsentligt större.

Fortsatt forskning:

I slutet av projektet FFI-ONWELD har vi konstaterat att vi nu har ett nytt fält för kvalitetssäkring som öppnar sig – massor med data genereras, olika parametrar längs med hela förband som scannas, men frågan är: vilka data eller datakombinationer är egentligen viktigast för att säkra kvaliteten och en konstruktions livslängd? Projektgruppen är överens om att medelvärden och spridning från dessa är intressanta mått, men inte tillräckligt. Inte heller är extremvärden min, max, tillräckligt. Projektgruppen anser att detta behöver undersökas mer. Forskning i detta område är högaktuellt, med verktyget ONWELD som dokumentationsverktyg. Vi kommer att formulera ett nytt forskningsprojekt, en ny ansökan, för att fortsätta studera dessa frågor. Detta projekt kommer ta med formulering av Guidelines för teknikens användande.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Deltagande parter framgår av bilden nedan.



Bild 4. Deltagande parter i FFI-ONWELD.

Kontaktpersoner:

De personer som deltagit i projektet under dess löptid anges nedan. Huvudkontakt nu för respektive organisation står angiven först.

Swerea KIMAB: Joakim Hedegård, Christof Schneider, Marie Allvar, Joakim Wahlsten, Paul Janiak

KTH-Lättkonstruktioner: Zuheir Barsoum, Thomas Stenberg

ABB Robotics: Johan T Nilsson

ESAB: Per Åberg, Peigang Li

GKN: Jan Lundgren, Per Henrikson

Svetskommissionen: Peter Norman

Volvo CE: Anna Ericson-Öberg, Erik Åstrand, Bertil Jonsson

Volvo Trucks: Johan Åström, Samuel Bäckström

Väderstad AB: Johan Andersson, Stefan Karlsson, Petter Boreson

ONWELD – a VINNOVA FFI Project

Vinnova Dnr 2013-04696

“New ON-line method for quality assurance of WELDED structures”

1/12 2013 – 1/12 2016

Project leader: Joakim Hedegård

joakim.hedegard@swerea.se

Participants in FFI-ONWELD



swerea | KIMAB



Content

- Background (ppt pages 4 – 8)
- ONWELD Project Goal, Aims, Visualisation map (ppt pages 9 – 11)
- ONWELD Measurement System Development (ppt pages 12 – 15)
- ONWELD Results & Future (ppt pages 16 – 18)

Background

The Swedish Industry has not fully succeeded in introducing production methods to fully use new AHSS materials in welded structures with high demand on fatigue resistance.

High quality requirements on welded joints are difficult to secure and this has limited the introduction of more Advanced High Strength Steels (AHSS) which could save 20 - 40 % weight of welded structures.

With new, more accurate on-line Quality Assurance (QA) techniques there is a great potential for optimization of design criteria and manufacturing, and by that also increased life for fatigue loaded structures.

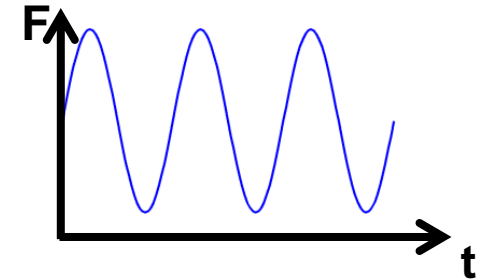
This would serve as enablers for sustainable manufacturing of future vehicles, from light weight cars to construction equipment, with less scrapping, improved product life, and lower environmental impact as a result.

This research project (ONWELD) serves to investigate and verify the potential for new laser scanning technologies and developed algorithms as a modern tool for automated, unbiased geometrical weld quality assurance.

Fatigue of welded structures

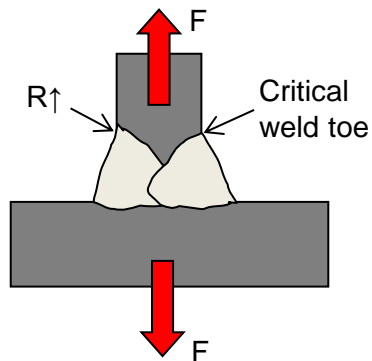
What is fatigue?

“For a repeatedly applied load the material weakens.”



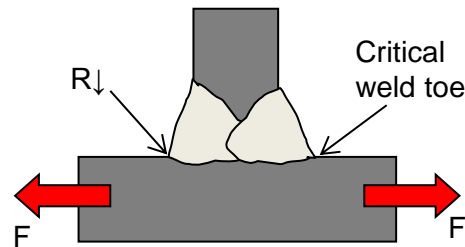
When it comes to fatigue of welded structures, the weld geometry has a significant influence on the fatigue performance.

Good weld geometry



Long fatigue life

Bad weld geometry



Short fatigue life

To assess the fatigue performance of a welded structure, the weld geometry has to be measured.

Commonly used inspection tools today



Figure 9: a) Measurement principle revision gauge, a-height [mm], b) revision gauge – calculates a-height from measured position of weld toe, c) production gauge, measure a-height directly on weld ridge (45 deg from base plate).

Measurement system analysis - **problems with:**

- Repeatability
- Reproducibility
- Part-to-part variation

Needed performance from measurement system:

Decision for go/no go:

- %Contribution < 9%
- %Tolerance < 30%

Process development:

- %Contribution < 4%

**Improvement needed
with a factor 6 -15 !**

A weld size 5mm gave measurement scatter of 2-7 mm with today's technology

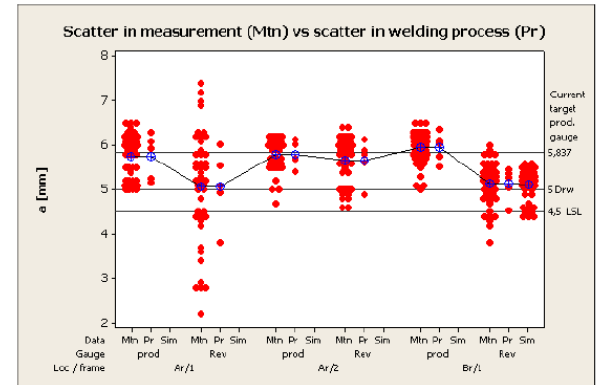


Figure 10: Summary of three MSA on revision gauge and three on production gauge.

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,170148	58,30
Repeatability	0,040889	14,01
Reproducibility	0,129259	44,29
Braås operat	0,088500	30,32
Braås operat*Braås weld s	0,040759	13,96
Part-To-Part	0,121722	41,70
Total Variation	0,291870	100,00

Process tolerance = 4,5

Source	SndNew (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (%SV/Toler)
Total Gage R&R	0,412490	2,47494	76,35	55,00
Repeatability	0,202210	1,21326	37,43	26,96
Reproducibility	0,359526	2,15716	66,53	47,94
Braås operat	0,237489	1,78494	55,07	39,67
Braås operat*Braås weld s	0,291889	1,71134	37,27	26,92
Part-To-Part	0,348887	2,09332	64,58	46,52
Total Variation	0,540250	3,24150	100,00	72,03

Number of Distinct Categories = 1

Figure 11: Result of MSA on the revision gauge at Braås, Br/1

Existing example: Seam tracking & joint measurements

- Mounted to a rotation device, integrated in the robot controller as sensoraxis (7th axis).
- Measures the position and volume of the weld groove online and adjusts the robot movement and the welding parameters accordingly.
- Feature with complete integration into the robot control without the need for an additional PC.



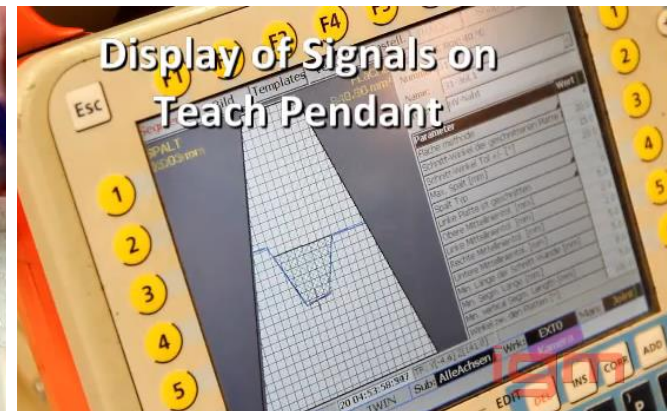
Fanuc + Lincoln



ABB + Andon



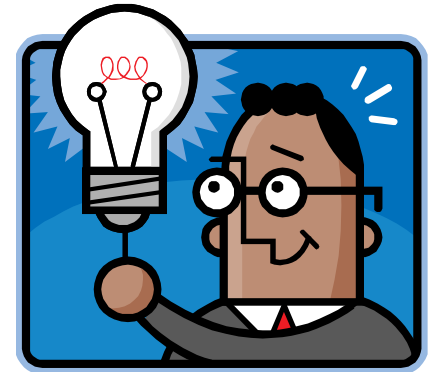
IGM



None of the existing tools can measure the weld toe radius adequately.

Industrial benefits with a digital on-line QA system

- **Improved quality and reduced weight:** through high-quality weldments the introduction of more weight-to-strength efficient materials is facilitated resulting in reduced weight in welded structures.
- Reduced weight: **increased transport productivity** in terms of handled ton/hour and **thereby reducing CO₂ emissions.**
- **Cost savings and reduced environmental impact:** New design possibilities enabling less filler material usage, differentiated requirements and narrower safety margins.
- **Increased process understanding, -control and reduced lead-time:**
The new QA-system will **reduce overproduction, rework, over processing and energy consumption.**
- Suggestions for **advanced process control** in robotic systems and power sources.
- **Increased competitiveness:** Products with better performance.
- The project will **improve education** and research at Swedish universities.
- The system will be applicable for several joining operations.



ONWELD Project Goals

The main goal for the project was to enable a non-biased on-line QA-evaluation of continuous weldments, in an accurate and repeatable way, and by that enable more optimized and lighter designs.

It has also been a goal to evaluate how this new technology could be implemented in control systems in welding machines and robot control systems.

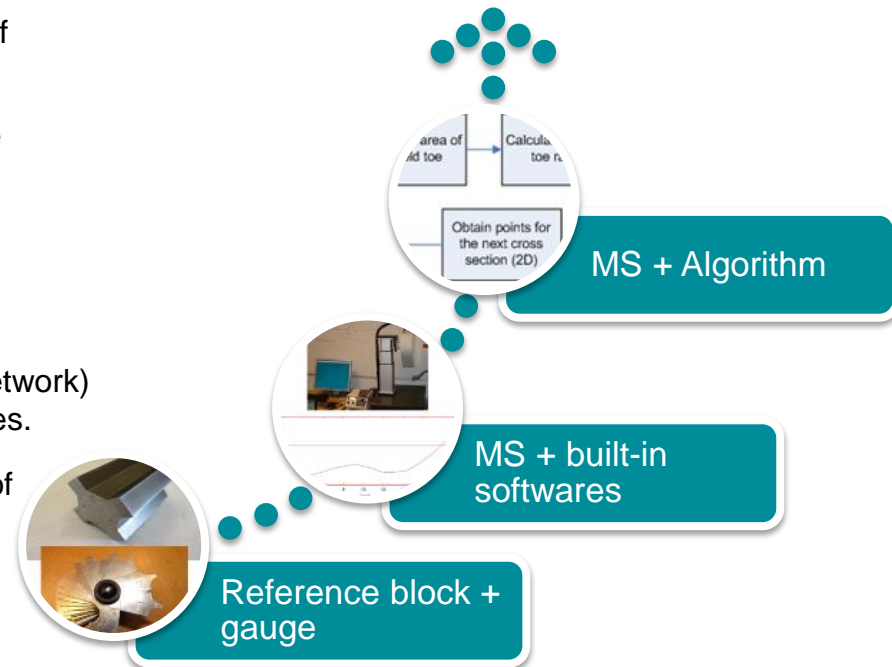
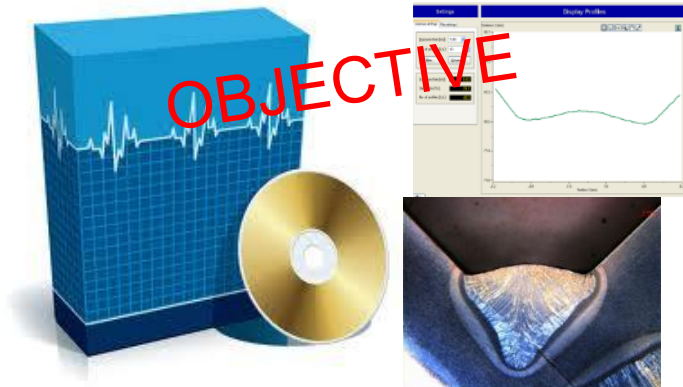
Aims for the project, more in detail, are found on the next page.

ONWELD Project Aims

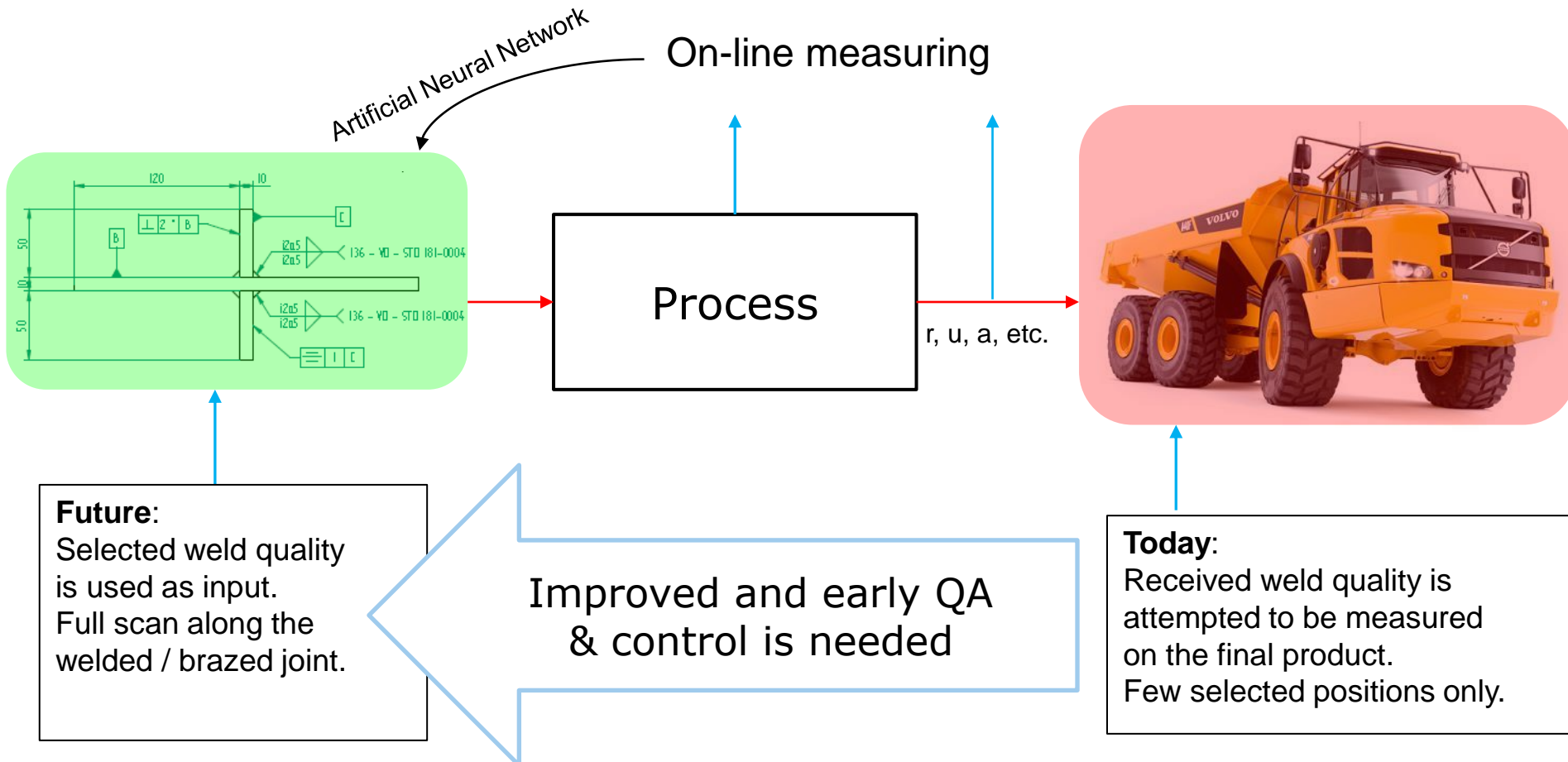
The project aims to:

Develop an accurate on-line measuring system (MS) and thereby:

- Design and optimize algorithms for weld surface geometry.
- Identify quality affecting parameters and enable improved process control resulting in reduction of overproduction, rework and over processing.
- Contribute to improved competitiveness and sustainable manufacturing through increased product life, quality and reduced environmental impact.
- Evaluate and demonstrate an automated geometrical quality assurance system in production environments.
- Study required conditions for an ANN (artificial neural network) intended for improved control of manufacturing processes.
- Identify possibilities to enable adaptive process control of joining technologies.

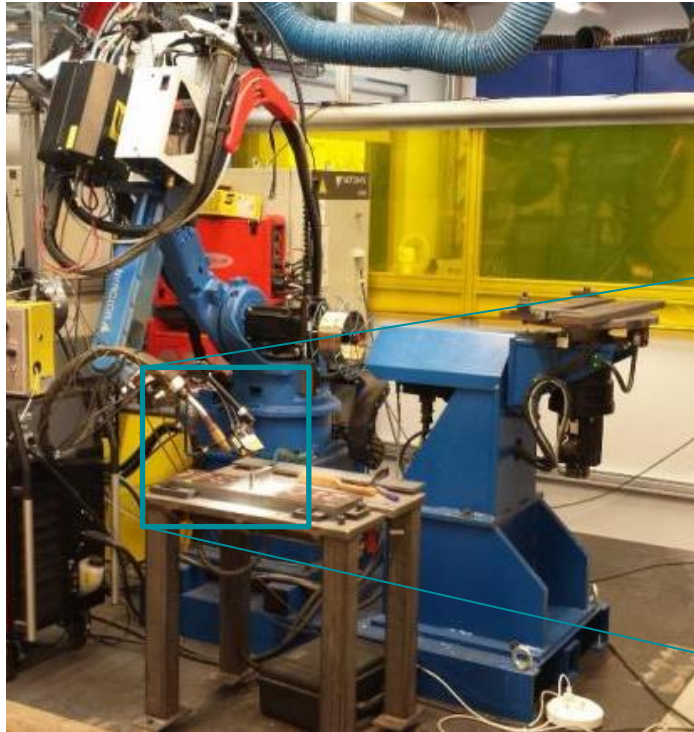


ONWELD Visualization map

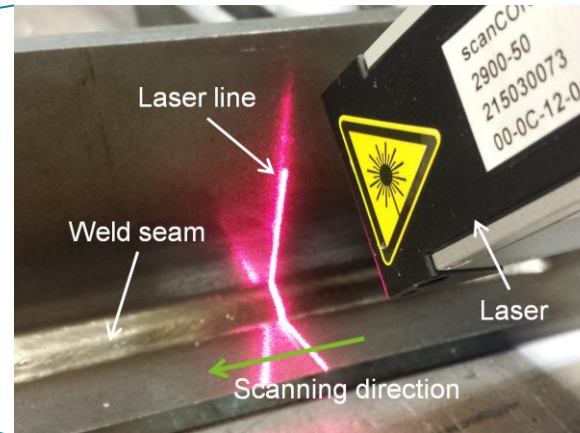


ONWELD Measurement System

Input



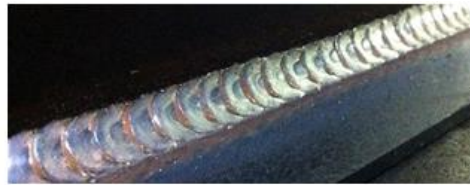
A laser line scanner is used to scan the weld geometry.



Welding robot with laser line scanner

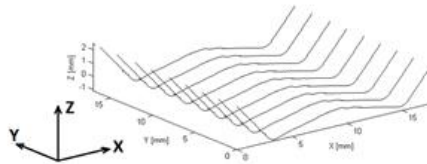
Algorithms for weld geometry assessment

Input

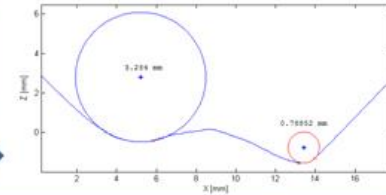


Scan the weld
bead surface

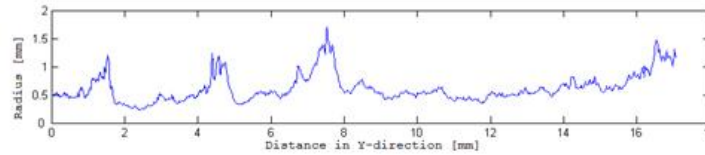
Algorithm



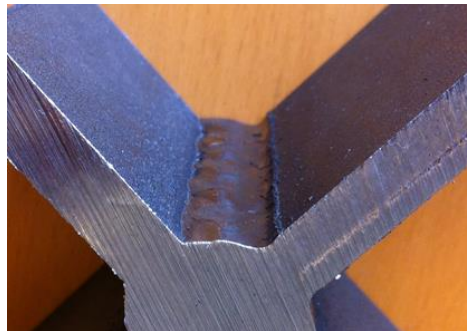
Assess geometry
in a single
cross section



Output

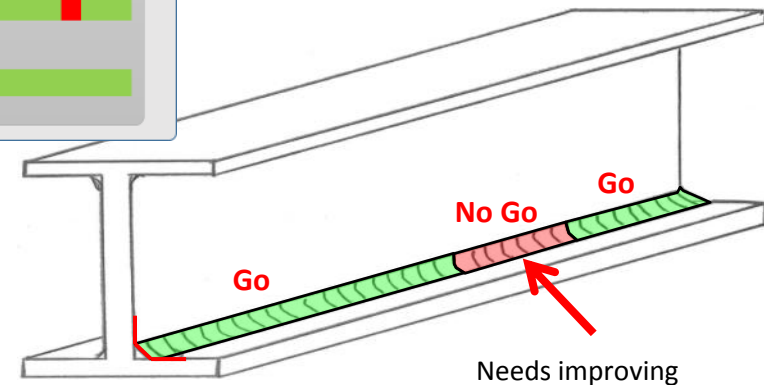
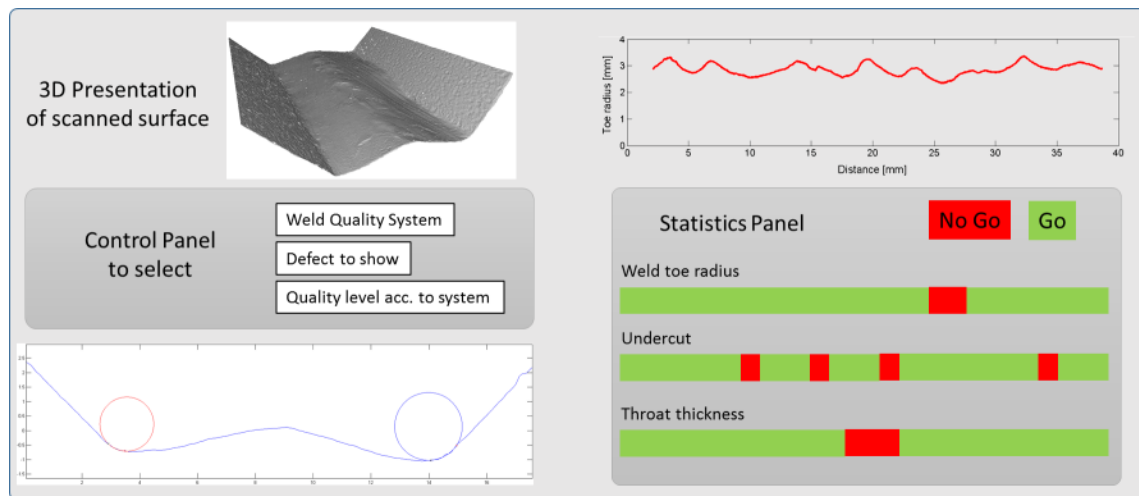


Geometry along
weld bead



Output: Result presentation, Software program

- A Software program is developed using advanced algorithms to assess the weld quality, compare to weld standards, and illustrate the results:



ONWELD Results and future

Onweld Highlights

- Software program to assess weld geometry developed. The technology works off-line so far, but shall in next step go on-line.
- Start-up company Nordic Welding Engineering AB will take the technology into a product for industrial use, on-line.
- Algorithm developer Thomas Stenberg awarded SSAB Steel Research Prize 2015.
- The technology will, when introduced on the market, enable a significantly improved QA, which will lead to more optimized designs and a more robust and sustainable manufacturing.

Swedish Steel: The Winner of University Challenge 2015: Thomas Stenberg, KTH



“Stenberg won the 2015 Swedish Steel Prize University Challenge for developing a quality assurance method for weld joints. His work will contribute to the development of software and measuring equipment for use in future industrial production lines.”

SSAB, 2015