

2002:16M



HÖGSKOLAN
TROLLHÄTTAN · UDDEVALLA
INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK

EXAMENSARBETE

**Kvalitetssäkring av lasersvets
I projekt 443**

**Quality Assurance of Laser Weld
In project 443**

Annica Emanuelsson

2002-04-12

Högskolan Trollhättan/Uddevalla
Institutionen för Teknik
Box 957, 461 29 Trollhättan
Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99
E-post: teknik@htu.se

EXAMENSARBETE

Kvalitetssäkring av lasersvets I projekt 443

Sammanfattning

Lasersvetsning får en alltmer betydande roll inom bilindustrin vilket resulterat i att en laserutrustning installerades på Saab Automobile AB år 2000. På grund av åtkomlighetsproblem med punktsvetsning i projekt 443 introducerades lasersvetsning snabbare än beräknat. En kvalitetssäkring behövdes därför göras så det här examensarbetet kan ses som den kvalitetssäkringen, med vissa avgränsningar.

Målet med kvalitetssäkringen har varit att undersöka vilka kontrollmetoder som kan användas på lasersvets, vilka fel som uppstår, hur de skall undvikas och vilka åtgärder som skall vidtas vid fel.

Det finns inga klara utarbetade metoder hur en kvalitetssäkring görs på lasersvetsning, vare sig på Saab eller i litteraturen. Kvalitetssäkringen har därför gjorts efter egna litteraturstudier och undersökning av lasersvetsen. Med dessa undersökningar som underlag kan konstateras att nuvarande lasersvets är av förhållandevis god kvalitet. Största problemet är släpp orsakade av dålig sampassning mellan plåtarna. Detta kan undvikas om en bättre jigg utformas och prototypbyggnationen blir bättre.

Kvalitetskontroller av svetsen har skett okulärt och med mejsel. Andra kontrollmetoder har undersökts, bl. a. ultraljud, men resultatet visar att den bästa kvalitetskontrollen sker okulärt, med mejsel eller med 4-punkts resistansmätare. Den sistnämnda har inte kunnat kontrolleras då den ej levererats i tid. Däremot visar fakta från leverantören (och andra användare av den) att den troligtvis kommer ge en god kvalitetskontroll.

Kvalitetssäkringen av lasersvetsen kan inte ses som fullbordad i och med det här arbetet, förändringar kommer säkert ske fram till serieproduktion. Däremot kan den här kvalitetssäkringen ses som ett bra hjälpmedel, både för konstruktörer, operatörer och andra som har intresse i processen.

Nyckelord: Kvalitetssäkring, Lasersvetsning, Nd:YAG-laser

Utgivare: Högskolan Trollhättan/Uddevalla, Institutionen för Teknik
Box 957, 461 29 Trollhättan
Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99 E-post: teknik@htu.se

Författare: Annica Emanuelsson

Examinator: Universitetsadjunkt Oskar Jellbo

Handledare: Roger Johansson, Saab Automobile AB

Poäng: 10 **Nivå:** C

Huvudämne: Maskinteknik **Inriktning:** Produktionsteknik

Språk: Svenska **Nummer:** 2002:16M **Datum:** 2002-04-12

DISSERTATION

Quality Assurance of Laser Weld In project 443

Summary

Laser welding plays an important role in automotive industry. Therefore, a laser station was installed at Saab Automobile AB in 2000. Because of reaching problems with spot welding in project 443 laser welding was introduced faster than expected. A quality assurance was therefore needed so this dissertation can be seen as that quality assurance, with some exceptions.

The purpose with the quality assurance has been to investigate which quality methods that can be used on the laser weld, defects that occurs, how to avoid them and what kind of measures that has to be taken when defects occurs.

There are no clear methods published how a quality assurance is done for laser welding, either at Saab or in literature. The quality assurance has therefore been written by doing literature studies and examination of the laser weld. These studies and examinations revealed that the biggest problem is that the steel sheets aren't joined together because of bad fitting. The bad fitting can be avoided if the clamping and prototypes are built better.

Quality controls of the weld has been done visual and with a screwdriver. Other control methods has been examined, for example ultra sonic, but the result shows that the best quality control is done visual, with a screwdriver or with a 4-points resistive measurer. The latter hasn't been examined because it wasn't delivered in time. However, facts from the supplier (and other users) shows that it will give a good quality control.

This quality assurance of the laser weld can not be seen as fully completed, alterations will probably be made before start of production. However, this quality assurance can be seen as a good assistance to designers, operators and others who are intrested in the process.

Keywords: Quality Assurance, Laser Welding, Nd:YAG laser

Publisher: University of Trollhättan/Uddevalla, Department of Technology
Box 957, S-461 29 Trollhättan, SWEDEN
Phone: + 46 520 47 50 00 Fax: + 46 520 47 50 99 E-mail: teknik@htu.se

Author: Annica Emanuelsson

Examiner: Oskar Jellbo

Advisor: Roger Johansson, Saab Automobile AB

Subject: Mechanical Engineering, Manufacturing Engineering

Language: Swedish **Number:** 2002:16M **Date:** April 12, 2002

Förord

Min andra coop-praktik tillbringade jag på karossberedningen så därför föll det sig ganska naturligt att göra examensarbetet där. Under den första praktiken på beredningen installerades en laser och lagom till examensarbetet började prototyper svetsas. Att kvalitetssäkra lasersvetsen ligger därför helt rätt i tiden och kan vara till hjälp för den framtida produktionen av 443.

Under mina båda perioder har jag träffat många personer som var och en har hjälpt mig framåt. Ingen fråga från mig har lämnats obesvarad. Mest av allt vill jag dock tacka min handledare, Roger Johansson TMKKU, som har stått ut med mig i sammanlagt åtta månader. Utan din hjälp hade det här blivit så mycket svårare. Jag vill även tacka Andreas Engdahl, TMKQA, som hjälpt mig med diverse administrativa problem. Det är inte lätt när ”allt” krånglar.

Naturligtvis finns det många andra som bör ha ett särskilt tack men då blir listan lång. Därför, Tack för Er hjälp, ingen nämnd - ingen glömd!

Trollhättan 2002-03-28

Annica Emanuelsson

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Summary	ii
Förord	iii
Innehållsförteckning.....	iv
Symbolförteckning	vi
Del 1 Teori	1
1 Inledning.....	2
1.1 Bakgrund.....	2
1.2 Syfte och mål.....	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
2 Kvalitet.....	3
2.1 Kvalitetsdimensioner	3
2.2 Ständig förbättring.....	4
2.3 Erfarenhetsåterföring	5
3 Kvalitetssäkring	6
3.1 Kvalitetssäkring enligt SMS.....	6
4 Svetsning.....	7
4.1 Svetsfogar	8
4.2 Lasersvetsning av zinkbelagt stål	8
4.2.1 Problem vid zinkbelagt stål.....	8
4.2.2 Rekommenderade foggeometrier.....	9
5 Laser.....	10
5.1 Funktion.....	10
5.2 Nd:YAG-laser	11
5.3 Fördelar och nackdelar med lasersvetsning.....	11
6 Oförstörande provning.....	12
6.1 Okulärkontroll	13
6.2 Ultraljudsprovning	13
6.2.1 Reflektionsmetoden (Ekometoden)	13
6.2.2 Svetsprovning med ultraljud	14
6.3 Magnetiseringsmetoden	14
6.4 Penetrantmetoden	14
6.5 Röntgenprovning.....	15
Del II Koppling Teori - Saab	16
7 Saab Automobile AB	17
7.1 Produktionsberedningen, TM	17
8 Kvalitet på Saab	17
8.1 Kvalitetssäkringsplan	18
8.2 Innehåll i kvalitetssäkringen.....	18
8.3 Kvalitetsdimensioner på lasersvets.....	19

8.4	Konstruktionsåterföring.....	21
8.5	Standarder och KI.....	21
9	Aktuell laser.....	22
9.1	Tillbehör	23
9.1.1	Fogföljning.....	24
9.1.2	Skyddsglasdetektor	24
9.1.3	Tool Center Point - inmätning	25
10	Foggeometri på 443.....	26
11	Kontroll av lasersvets	26
11.1	Okulärkontroll	27
11.2	4-punkts resistansmätare	27
11.2.1	Funktion	28
11.2.2	För- och nackdelar	28
11.3	Ultraljudsprovning	29
11.3.1	Test med ultraljud, Panametrics EPOCH4 och 2,5mm probe	29
11.3.2	Framtid för ultraljud.....	30
11.4	Verktyg (mejsel)	31
11.5	Magnetiseringsmetoden.....	31
11.6	Penetrantmetoden	31
11.7	Röntgen.....	32
11.8	Weld Watcher.....	32
11.8.1	Funktion	32
12	Lasersvetsfel på prototypbilar.....	33
12.1	Statistik över fel	34
13	Feltyper på lasersvetsen	35
14	Resultat	36
15	Slutsatser.....	37
15.1	Analys av resultat	37
15.2	Rekommendationer till fortsatt arbete	38
16	Referensförteckning.....	39
	Bilagor	1
	Bilaga 1 Tabell över svetslängd och kantbredd.....	2
	Bilaga 2 Tabell över porer	3
	Bilaga 3 Tabell över hål	4
	Bilaga 4 Tabell över släpp.....	5
	Bilaga 5 Tabell över sprutskydd	6
	Bilaga 6 4-punkts resistansmätare	7
	Bilaga 7 Gammal ritning på lasersvets	8
	Bilaga 8 Förslag till nya ritningsmått	9
	Bilaga 9 Ny KI.....	10
	Bilaga 10 Gammal KI.....	12
	Bilaga 11 Matris över feltyper	13

Symbolförteckning

Vä mi = avser den vänstra delen på mittensvetsen

Hö mi = avser den högra delen på mittensvetsen

Mi på mi = avser mitt på mittensvetsen

Vä öra = den korta del som svetsas till vänster om mittensvetsen

Hö öra = den korta del som svetsas till höger om mittensvetsen

Del 1

Teori

1 Inledning

Det här examensarbetet på 10p är den sista delen som genomförs på maskiningenjörsutbildningen, 120p. Arbetet har utförts i samarbete med Saab Automobile AB, på Produktionsberedning Kaross.

1.1 Bakgrund

Inom bilindustrin får lasersvetsning en alltmer betydande roll då svetsning kan ske där till exempel punktsvetsning inte går att genomföra. Saab Automobile AB (fortsättningsvis skrivet Saab) installerade sin helt nya laserutrustning år 2000 i en förutvecklingslokal för att kunna genomföra tester och lära sig metoden. Dessa tester hann inte bli så omfattande då det uppstod åtkomlighetsproblem för punktsvetsning i projekt 443 och lasersvetsning blev aktuellt på problemområdet. En del tester genomfördes då på provplåtar, liknande till utseende i projekt 443, men omfattande tester kunde ej genomföras på grund av tidsbrist. De första prototypbilarna levererades redan i januari 2002 och därför har en kvalitetssäkring av lasersvets ej kunnat genomföras.

1.2 Syfte och mål

Examensarbetet skall inriktas på att utreda vilka svetsproblem som uppstår vid lasersvetsningen, hur de upptäcks och hur de skall undvikas. Förslag önskas också på hur kvalitetskontroller skall göras av lasersvetsen och vilka åtgärder som skall vidtagas vid eventuella uppkomna svetsfel. I möjligaste mån skall en så fullgod kvalitetssäkring som möjligt göras.

1.3 Avgränsningar

En fullständigt komplett kvalitetssäkring går ej att genomföra då processen är dynamisk. Lasersvetsning är en relativt ny svetsprocess, framförallt för Saab. Därför finns ej tillräckligt bra utvecklade metoder för att säkerställa en bra svets. Ett flertal metoder finns, eller är under utveckling, och vilken som passar Saab bäst är svårt att avgöra. Framför allt beror det på att de olika metoderna är beroende av vad man vill uppnå. Därför redovisas endast de metoder som just nu anses bäst lämpade för Saab. Dessutom kan flertalet aspekter beröras vad gäller en kvalitetssäkring av lasersvets, dock berörs endast de aspekter som anses mest intressanta för Saab.

1.4 Metod

För att nå så fullgod kvalitetssäkring av lasersvets som möjligt har flera metoder använts. Framförallt har litteraturstudie gjorts för att fastställa vad som finns idag. Dessutom har egna undersökningar gjorts, både själv och med annan personal.

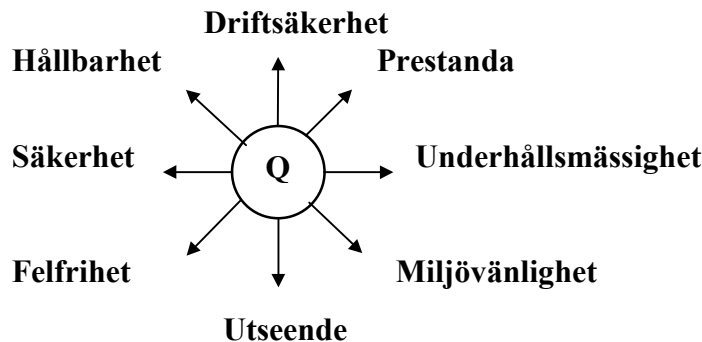
2 Kvalitet

Kvalitet kan definieras på många olika sätt. Därför går det inte att säga att det finns en enda riktig förklaring. De definitioner som ändå förklarar ordet kvalitet bäst är;

- Kvaliteten på en produkt (vara eller tjänst) är dess förmåga att tillfredsställa, eller helst överträffa, kundernas behov och förväntningar.[3]
- Alla sammantagna egenskaper hos ett objekt eller en företeelse som ger dess förmåga att tillfredsställa uttalade eller underförstådda behov. (Standard SS-EN ISO 8402)

2.1 Kvalitetsdimensioner

Att fastställa kvalitet på en produkt (vara) kan variera och flera metoder används. Produktkvaliteten kan t.ex. fastställas med hjälp av statistiska metoder eller genom "skrivna mått". Några kvalitetsdimensioner på en produkt kan vara;



Figur 2.1 Kvalitetsdimensioner på en vara

Driftsäkerhet: Ett mått på hur ofta det inträffar fel och hur allvarliga dessa är.

Prestanda: Är av betydelse för kunderna på det avsedda marknadssegmentet, såsom hastighet, effekt, livslängd eller storlek.

Underhållsmässighet: Ett mått på hur lätt eller svårt det är att upptäcka, lokalisera och avhjälpa fel.

Miljövänlighet: Produktens inverkan på miljön, exempelvis i form av avgaser eller återvinningsbarhet och hur miljöaspekter beaktats under produktionen.

Utseende: Är en estetisk parameter som skapas genom exempelvis design och färgval.

Felfrihet: Att varan inte är behäftad med fel eller brister när vi köper den.

Säkerhet: Att varan inte orsakar skada på person eller egendom eller att varan, i vissa fall, ger fullgott skydd mot skada.

Hållbarhet: Att produkten kan användas, lagras eller transporteras utan att den försämras eller kommer till skada. [3]

Ovanstående kvalitetsdimensioner kan ej uppnås om inte kvalitetsarbetet följt med hela vägen till det att produkten når kund. Med kund menas då både de externa kunderna utanför företaget och de interna kunderna, företagets egna medarbetare. Därför bör andra begrepp belysas såsom nedanstående.

- Utvecklingskvalitet* Produkten eller tjänsten är konstruerad och utvecklad för att tillfredsställa kundens behov. Utvecklingskvalitet påverkar externkundens upplevelse av kvalitet när det gäller användbarhet, driftsäkerhet och användarvänlighet.
- Produktionskvalitet* Produkten eller tjänsten skall uppfylla de specifikationer som fastlades vid utvecklingen, när den produceras respektive utförs.
- Leveranskvalitet* Kan även benämnas leveranssäkerhet.
Den överenskomna produkten levereras vid överenskommen tidpunkt och på avtalad plats.[4]

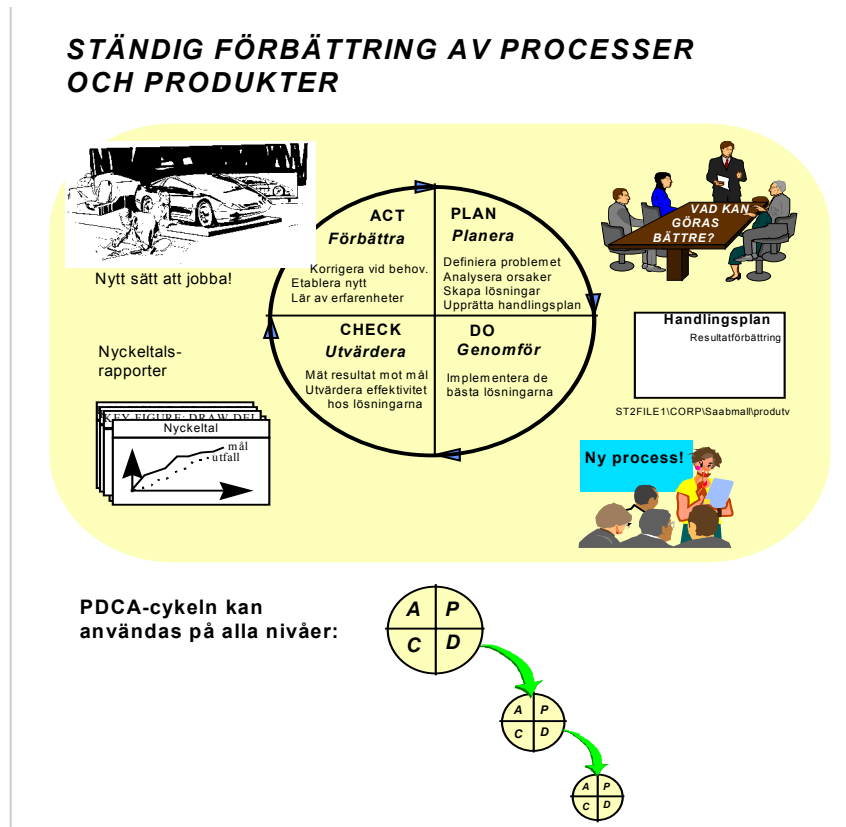
Naturligtvis finns det fler otaliga begrepp att använda än just de som beskrivits. Dessutom är kvalitetsarbetet annorlunda hos olika företag. Därför utvecklas inte det här avsnittet då det inte har stor betydelse för den fortsatta rapporten.

2.2 Ständig förbättring

Kvalitetsutveckling är en dynamisk process och så fort ett mål är uppnått skall arbetet inte stanna vid det. Därav begreppet ständig förbättring. Dessa ständiga förbättringar skall ske både innan, under och efter produktion. Då erhålls både en högre kvalitet och en förbättrad produktivitet. Ett förbättringsarbete kan ledas efter olika metoder där en välkänd metod är PDCA-hjulet. (Även kallat PDSA-hjulet).

Figur 2.2 (nästa sida) visar att det gäller det att urskilja problemen och angripa dessa systematiskt och noggrant. Vid lösning av problemen är det också av stor betydelse att man lär av felen och ser till att kvaliteten bibehålls efter felåtgärd. Med ett riktigt förbättringsarbete kan man se till att undvika att liknande problem uppstår i framtiden.

Figur 2.2 är en tolkning av PDCA-hjulet men naturligtvis går det att variera formen på den på ett flertal olika sätt.



Figur 2.2 Saabs tolkning av PDCA-hjulet

2.3 Erfarenhetsåterföring

Som komplement till ovan kapitel kan man nämna lite om tillförlitliga produkter och erfarenhetsåterföring. För att få fram en tillförlitlig produkt måste det ske en erfarenhetsåterföring (den här återföringen kan ses som en utveckling av C:et i PDCA-hjulet, att man utvärderar). Att ta tillvara erfarenheter från äldre konstruktionslösningar är viktigt för att få fram nya tillförlitliga produkter. Det är också viktigt att snabbt informera om fel som inträffar på nya produkter så att lämpliga åtgärder kan vidtas för att höja tillförlitligheten. En systematisk återmatning av tillförlitlighetsinformation från användning och test till konstruktören behövs därför. På så sätt kan konstruktören ändra konstruktionen i tid så att tillförlitligheten ökas. Effektiviteten i återmatningen från utprovning och användning till konstruktionen bestämmer graden av tillförlitlighetstillväxt. Att ha en god erfarenhetsåterföring blir därför ett mycket viktigt led i arbetet med ständiga förbättringar. [3]

3 Kvalitetssäkring

Som så mycket annat inom kvalitetsområdet finns det olika tolkningar av ordet kvalitetssäkring. Att se kvalitetssäkring som en del av kvalitetsutveckling är nog en bra generell tolkning. Förr koncentrerade sig industrin mest på kvalitetskontroll (efter produktion) men numer är arbetet inriktat på kvalitetssäkring (innan produktion) och kvalitetsutveckling (innan, under och efter produktion). Enligt [3] skall kvalitetssäkring ses som ett sätt att skapa bra förutsättningar för att fel ska undvikas redan innan produktion. Det gör man genom att formulera och samla rutiner för hur man skall hantera inkommande material, reklamationer och mätinstrument samt hur ansvar är fördelat. Det här blir då sammantaget i ett kvalitetssystem¹. Aktiviteterna ses dock som kvalitetssäkring, vilket tyvärr kan tolkas ibland som att man med säkerhet åstadkommit bra produkter eller tjänster.

3.1 Kvalitetssäkring enligt SMS

SMS, Svensk Material- & Mekanstandard, har i samarbete med Svetskommissionen gett ut en handbok som heter "Kvalitetssäkring vid svetsning". Där beskrivs ett flertal olika standarder som ingår i standardserien EN 729 (i Sverige SS-EN 729). För att uppnå tillförlitliga och säkra svetskonstruktioner behövs vissa givna kvalitetskrav uppfyllas. Det kan då vara till hjälp att tillämpa SS-EN 729 för att kunna definiera dessa kvalitetskrav. Nedan visas några standarder som SS-EN 729 tar upp.

- Konstruktionsgenomgång
"Den formella kontroll som utförs för att säkerställa att konstruktionen överensstämmer med kundens behov och konstruktionskrav". Flertalet punkter i en checklista tas upp såsom läge, åtkomlighet, svetsens ytbeskaffenhet och form, mått och detaljer mm.
- Personal för tillsyn vid svetsning
"Personer ansvariga för kvalitetsfrämjande åtgärder skall ha tillräckliga befogenheter för att kunna vidta nödvändiga åtgärder. Dessa personers skyldigheter, inbördes relationer och ansvarsområden skall klart definieras". Här tas också upp hur ansvarsfördelningen kan beskrivas, bl.a. uppdelat på svetsansvarig, arbetsledare, konstruktör osv.
- Personal för kontroll, provning och undersökning
"Tillverkaren skall förfoga över tillräcklig och kompetent personal för planering och utförande av övervakning, kontroll, provning och undersökning av svetsning i tillverkningen enligt angivna krav".

¹ Ett kvalitetssystem är organisatorisk struktur, rutiner, processer och resurser som är nödvändiga för ledning och styrning av verksamheten med avseende på kvalitet. *ISO 9000, 1994*

- Svetsdatablad
“Tillverkaren skall utarbeta svetsdatablad enligt SS-EN 288-2 och säkerställa att de används i produktionen på ett riktigt sätt”. Rutinen för utarbetande svetsdatablad skall beskrivas och kan omfatta bl.a. toleranser, svetsparametrar, rengöring etc.
- Kontroll och provning med avseende på svetsning
“Kontroll och provning skall inplaneras vid lämpliga skeden i tillverkningsprocessen för att säkerställa överensstämmelse med kontraktets krav. Läge och frekvens för en sådan kontroll och/eller provning beror på kontrakt och/eller tillämpningsstandard, svetsmetod och typ av konstruktion”. Det övergripande ansvaret för det bör ges till en person som inte direkt ansvarar för produktionen, t ex kvalitetsansvarig. Kontroll och provning bör specificeras i en kontrollplan, vilken kan innefatta t.ex. kontroll-/provningmoment, hur kontroll/provning skall utföras, när kontroll/provning skall ske, vem som utför detta, var och hur utförd kontroll/provning dokumenteras etc.
- Avvikelse och korrigerande åtgärder
“Då tillverkaren utför reparationer och/eller vidtar korrigerande åtgärder, skall lämpliga procedurer vara tillgängliga vid alla arbetsställen där reparationer eller korrigerande åtgärder utförs”. “Åtgärder skall också vidtas för att säkerställa att omständigheter som inverkar negativt på den svetsade konstruktionens kvalitet omgående identifieras och korrigeras”. Här är det viktigt att påpeka att en rutin för hantering av avvikelse och korrigerande åtgärder bör utarbetas. Den bör omfattas av; definition av vad som avses med en avvikande produkt, skyldighet att rapportera avvikelser, identifiering och markering av avvikande produkter för att dessa inte ska gå vidare i produktion, system för dokumentation av avvikelser och korrigerande åtgärder, vem eller vilka som har rätt att fatta beslut om korrigerande åtgärder, förfarande vid reparation och förebyggande åtgärder (rutin för återföring av information rörande avvikande produkter, för att dra lärdom därav).[9]

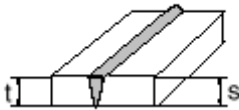
Ovan punkter är till bra hjälp för att kvalitetssäkra olika typer av svetsning. Viktigt att notera är att företaget kan använda sig av annan terminologi, dock med samma innehåll.

4 Svetsning

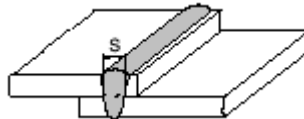
Svetsning är att åstadkomma förbindelse mellan ett arbetsstyckes delar - med eller utan tillsatsmaterial - eller mellan arbetsstycke och tillsatsmaterial, genom energitillförsel i form av lokal värmning. [7]

4.1 Svetsfogar

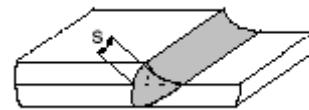
Det finns väldigt många varianter på svetsfogar, beroende på vad som skall svetsas. När det gäller lasersvetsning så blir dock ett fåtal aktuella, detta på grund av diverse tekniska svårigheter (se efterföljande kapitel). De typer av svetsfogar som brukar användas för lasersvetsning är;



Figur 4.1 Stumfog



Figur 4.2 Överlappsfog



Figur 4.3 Kantfog [20]

t = tjocklek på plåt

s = s-mått, minsta mått på lasersvetsens bredd/höjd.²

4.2 Lasersvetsning av zinkbelagt stål

Bilindustrin använder alltmer zinkbelagt stål i karosserna för att förbättra korrosionsbeständigheten. Lasersvetsning av överlappsfog i zinkbelagt stål är dock förknippat med svårigheter, framförallt med ett zinkskikt tjockare än $5\mu\text{m}$. Problemen uppstår på grund av att zink förångas vid en temperatur som är lägre än stålets smälttemperatur och därför bildas zinkgas vid svetsning. Den här zinkgasen, zinkoxid, är en vit, voluminös förening som är väl synlig i svetsröken. Förutom att inandning av den här gasen kan medföra s.k. zinkfrossa, så bidrar den till att försämra svetskvaliteten. [5]

4.2.1 Problem vid zinkbelagt stål

Om zink förångas och inte ges möjlighet att försvinna till omgivningen under svetsning bildas porer i svetsen. Zink kan också "explodera" (blow out) i samband med svetsning och därmed ger den upphov till den försämrade svetskvaliteten. Svetsprocessen blir instabil. Förutom porer kan zinkgasen orsaka genomgående hål i svetsen och ge upphov till exceptionellt mycket svetsnsprut. [5] Förutom att svetsnsprutet kan ge finishproblem på synliga plåtytor kan det även försämra strålkvaliteten. Svetsnsprutet fastnar på skyddsglasat som skyddar fokuseringslinsen och effekten blir då att dels så sprids strålen, dels så kan glaset spricka. För att avhjälpa detta problem finns det då ett övervakningssystem som varnar när skyddsglasat behöver bytas (se kap10.1.2).

Ovanstående problem uppstår främst vid överlappsförband. Trots detta är överlappsförband vanligast vid lasersvetsning då toleranskraven är lägre, t.ex. med avseende på

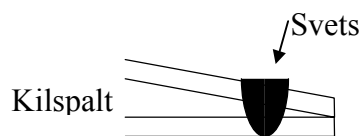
² Det finns inte ett specifikt rekommenderat värde på s-måttet. Några värden att använda sig av är $s=0.9*t$ eller $s=0.5*t$. Dessa värden återfinns bl.a. hos Volvo och BMW.

positionering av laserstrålen. Problemen med bl.a. porer försöker man istället övervinna. Vid överlappsförband finns ej tillräcklig spalt mellan plåtarna för zinkgasen att försvinna, utan en spalt måste tvingas fram. Detta på grund av att zinkgasen “stängs in” mellan plåtarna och ges inte möjlighet att avgasas. Då zinken befinner sig i gasfas och samtidigt upphettas än mer av infallande energi, ökar trycket hos den inneslängda zinkgasen (på grund av att zinkgasen inte ges större volym). Trycket ökar tills dess att det är så stort att en öppning mot atmosfären kan skapas. Om denna öppning skapas genom svetsmältan så “exploderar” zinkgasen ut genom svetsmältan. Efter explosionen sjunker trycket hos zinkgasen och stabil svetsning kan fortsätta tills dess att en “explosion” inträffar igen. [5] Porer och hål har då uppstått.

4.2.2 Rekommenderade foggeometrier

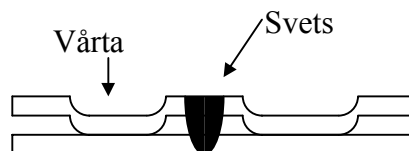
Vill man försöka undvika hål- och porproblem måste, som tidigare nämnts, en spalt tvingas fram genom olika varianter på foggeometrin. Zinkången kan då expandera ut mellan plåtarna. Nedan visas exempel på hur man löser problemet med zinkången vid överlappsfogar.

En kilspalt kan skapas mellan över- och underplåt, en vinkel på 1-3° är vanligast. Se figur 4.4. Överplåtens kant ligger an mot underplåten och svetsen läggs på lämpligt avstånd ifrån kanten. Dock bör man se upp med så att svetsen inte läggs för långt ifrån kanten! Då kan nämligen spalten bli för stor och det kommer ej att bli tillräcklig genombränning av svetsen.



Figur 4.4 Kilspalt

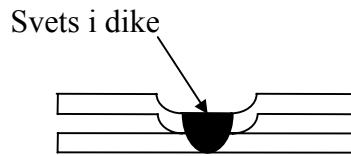
Svetsning kan också ske mellan vårtor (även kallade rillor etc.) Se figur 4.5. Pressas plåtarna mot varandra så erhålls en kontrollerad spalt. Då kan exempelvis jigggar och klampningar förenklas, eller helt enkelt tas bort.



Figur 4.5 Rillor

En vanlig fogutformning är “diket”. Svetsningen sker då i ett präglat dike, utan spalt. Se figur 4.6. Trots avsaknaden av spalt blir avgasningsmöjligheterna goda och svetsytan fin. God hållfasthet uppstår också. Träffar laserstrålen inte mitt i diket blir dock hållfastheten sämre, likaså om penetrationen i underplåten inte är tillräcklig. Med den

här fogutformningen är det också lätt att ha fogföljning med sensorer vilket ökar svetskvaliteten ytterligare.



Figur 4.6 Svets i dike

De fogutformningar som vinner mer och mer mark, framförallt inom bilindustrin, är kant- och stumfog. (Se även kap 4.1) Dessa fogtyper ger mindre problem med zinkexplosioner och svetshastigheten kan ökas. Med högre svetshastighet kan produktiviteten ökas och deformationerna blir mindre. Dessutom undviks spaltkorrosion till stor del. Karossvikten kan också reduceras då den här fogtypen inte kräver avancerad plåtutformning.

Problemet med kant- och stumfog har varit svårigheterna att följa fogen. Fogsökning och fogföljning måste användas för att säkerställa processsäkerheten och det är därför den här typen ej var så vanlig förr inom bilindustrin. Utvecklingen har dock gått framåt, och gör det fortfarande, därför använder sig flera biltillverkare av den här typen. Med fogföljning behöver man inte heller bara svetsa helt raka svetsar, som t.ex. i takdicket på en kaross. Nu tillåts viss avböjning och lasersvetsning kan användas på fler ställen än som förut var möjligt. [10] Se även kap. 10.1.1.

5 Laser

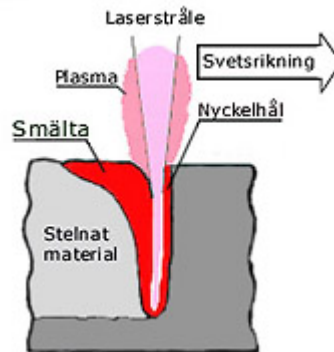
Laser, som står för Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, är ljusförstärkning genom stimulerad utsändning av strålning. Metoden använder en laserstråle för att smälta grundmaterialet och kan användas både till skärning/ bearbetning och svetsning. [9]

5.1 Funktion

Laserstrålen har flera unika egenskaper. Strålen har liten divergens men kan aldrig bli riktigt parallell (även om man i dagligt tal pratar om parallell stråle). Det gör att strålen kan ledas en lång sträcka från aggregatet som genererar laserstrålen till svets- eller skärpunkten. Laserstrålen har också hög effekttäthet vilket ger en nästan omedelbar smältning och - i viss mån - förångning av metallen. Detta resulterar i låg värmeförlust med mycket liten värmepåverkad zon och små formförändringar.

Lasersvetsning utförs ofta genom s.k. nyckelhålssvetsning (keyhole welding). Laserstrålen fokuseras då med hjälp av speglar/linser till några tiondels millimeter där den sk fokalpunkten ofta brukar ligga i materialet som skall svetsas. (Fokalpunkten kan också ligga direkt över, eller under, materialet som svetsas. Det beror på vad man vill

uppnå och vilket material, svetshastighet osv.) När materialet förångas bildas en kavitet som tränger djupt ned i materialet. Den får formen av ett hålrum när laserstrålen förflyttas över materialet. När strålen rör sig framåt pressas smältan bakåt och fyller ut fogen bakom. Nyckelhålet blir en garanti för fullständig genomsvetsning. [9]



Figur 5.1 Nyckelhålssvetsning

5.2 Nd:YAG-laser

Den här typen av laser vinner mer och mer mark framför t.ex. CO₂-laser. Detta p.g.a. att den använder speglar och/eller fiberoptik för att leda laserstrålen. Användandet av optisk fiber i kombination med robot gör Nd:YAG-lasersvetsning till en mycket flexibel process. Det är bl.a. möjligt att placera laserkällan en bit ifrån själva svetsstället då fibern kan göras upp till 100 m lång och flera fibrer kan kopplas till samma laserkälla.

I lasern används neodym som aktiv substans dopat i en transparent fast stav av Yttrium-Aluminium-Granat. Staven kan t.ex. vara 15-20 cm lång och ha en diameter på 8mm. Energi tillförs genom lampor eller dioder. Både lamporna/dioderna och staven måste vattenkylas. Ljusvåglängden för Nd:YAG-lasern är ej synlig för ögat, därför ser man aldrig laserstrålen utan bara ljuset från processen vid svetsning. Att inte se laserstrålen innebär inte att den är ofarlig, tvärtom. Ljuset är mycket farligt och säkerhetsföreskrifterna kring lasersvetsstationen måste följas noga. [10]

5.3 Fördelar och nackdelar med lasersvetsning

Då lasersvetsning är en ganska komplicerad process, bl.a. är den förhållandevis dyr, så ska lasersvetsning ske där andra lösningar ej finns. Dess fördelar växer sig dock starkare numer (och kommer göra allt mer framöver) så lasersvetsning bör ses som ett alternativ till gamla, beprövade svetsmetoder.

Nedan visas de främsta för- och nackdelarna.[16]

Fördelar:

- ◆ Låg värmeförlust
- ◆ Liten deformation
- ◆ Hög processhastighet
- ◆ Beröringsfri process
- ◆ God svetskvalitet
- ◆ Möjligt med smala svetsar
- ◆ Fiberoptiken gör processen mångsidig
- ◆ Hög precision
- ◆ Lätt att automatisera
- ◆ Kan enkelt ställas om till skärning
- ◆ Olika material kan svetsas ihop

Nackdelar:

- ◇ Hög känslighet för spalter (ställer alltså krav på toleranser och noggrannhet)
- ◇ Kan inte köras manuellt
- ◇ Fokuseringsoptiken kan vara skrymmande och ge åtkomlighetsproblem
- ◇ Bestämda skydd erfordras kring lasercellen
- ◇ Höga investeringskostnader
- ◇ Höga driftskostnader

Tabell 5.1 För- och nackdelar med lasersvetsning

6 Oförstörande provning

De oförstörande materialprovningssmetoderna används vanligen på färdiga detaljer, exempelvis svetsade konstruktioner. Oförstörande provning är metoder för avgörande av om komponenter skall godkännas eller underkännas. Av namnet framgår att oförstörande provning varken skadar eller påverkar egenskaperna i det undersökta objektet.[12]

Den här sortens provning tillför ju inte det undersökta objektet några kvalitetshöjande egenskaper om man inte utnyttjar provningsresultaten. Det är först utifrån dessa resultat då man försöker förbättra tillverkningsprocessen, där felet uppstått, som kvaliteten höjs.[8]

Metoderna är i regel indirekta och därför måste omsorg och erfarenhet till för att resultaten skall tolkas riktigt. De viktigaste oförstörande provningssmetoderna för svetsar är:

- *Okulärkontroll*
- *Ultraljudsprovning*
- *Magnetpulverprovning*
- *Penetrantmetoden*
- *Röntgen*

6.1 Okulärkontroll

Den kanske viktigaste metoden av alla är den visuella kontrollen, även kallad okulärkontroll. Det finns många fel som kan upptäckas lätt med ögat samtidigt som de är svåra att upptäcka med dyra instrument. Till den här kontrollmetoden hör även måttkontroll med olika typer av mätinstrument. [11]

Okulärkontrollen görs med avseende på form, bindning och täthet. Metodens känslighet och tillförlitlighet förbättras om man använder hjälpmedel, exempelvis förstoringsglas, lupp, videokamera och rökikare.

6.2 Ultraljudsprovning

Ultraljudsprovning är en av de mest använda oförstörande provningsmetoderna. Den är dock mycket beroende på operatörens skicklighet att avsöka provföremålet och bedöma indikationerna.

Avsikten med metoden är att indikera sprickor, inneslutningar, porer och liknande diskontinuiteter. Den kan också användas för bestämning av godstjocklek och bedömning av struktur mm.

Metoden bygger på att ljudvågor med hög frekvens (0,5-15 MHz), sänds in i provföremålet och hindras, eller reflekteras, av defekter i materialet. Vanligtvis används en kristall av ett piezoelektriskt material som fungerar som ljudalstrare och mottagare. Överföringen av ljudvågorna från kristallen måste ske utan luftspalt mellan kristallen och provföremålet. För att förhindra att få en spalt används kopplingsmedia, t.ex. vatten, olja eller andra speciella medel.

6.2.1 Reflektionsmetoden (Ekometoden)

Reflektionsmetoden är den vanligast använda metoden med avseende på ultraljudsprovning. Mycket små diskontinuiteter (=fel) kan indikeras samt deras läge. Ekohöjden ger också en viss information om deras storlek. Sökaren sänder ljudpulser och mellan dessa fungerar den som mottagare av de reflekterade ljudpulserna. Ljudvågen fortplantar sig genom materialet oavsett svängningstalet (frekvensen). Är materialet felfritt, fortsätter ljudvågen tills den träffar på ämnets baksida och reflekteras tillbaka till mottagaren. För att ljud skall reflekteras tillbaka vid fel, förutsätts att diskontinuiteten, eller någon del av den, ligger i rät vinkel mot ljud-vågornas utbredningsriktning.

I samma ögonblick som ljudvågen träffar mottagarkristallen, avger denna en elektrisk signal till ultraljudsapparaten. Då kan man se på skärmen en kortvarig lodrät avböjning av ljuspunkten, det s.k. bottenkot. Vid t.ex. en spricka kommer ljudet kastas tillbaka redan vid felet och ge sig tillkänna som en lodrät avböjning av ljuspunkten före

bottenkot. Denna avböjning kallas feleko. Felekots höjd och form kan säga en del om felets storlek och art. [8] [11]

6.2.2 Svetsprovning med ultraljud

Vid provning av svetsar är ultraljudsmetoden en av de pålitligaste och billigaste sätten att skaffa sig upplysningar om en svets kvalitet. Den är mycket lämplig vid löpande kontroll, framförallt inom bilindustrin. Kontrollen sker då främst manuellt.

Vid provning av en svets gäller det att skapa sig en noggrann, detaljerad bild av de vanligaste förekommande felen. Detta för att kunna anteckna deras läge och storlek i ett provningsprotokoll. Protokollet skall också ge underlag för att se att svetsarbetet är av godtagbar kvalitet.

De vanligaste defekterna kan delas in i olika typer, varav dessa återfinns nedan. [8]

Plana defekter: Defekter som är ganska små i ett led men som har en viss utsträckning i de två andra leden. Exempel på sådana är sprickor, rotfel och bindfel. Dessa fel reflekterar ljudvågorna bra om utbredningen i båda riktningarna är vinkelrät mot ljudriktningen och större än ca 1/5 våglängd. Felen indikeras endast om ljudvågen reflekteras, antingen direkt eller via en närliggande yta, tillbaka till sökaren.

Tredimensionella defekter: Defekter som har en viss utbredning i alla tre led, t.ex. slaggfyllda rotfel, gasporer och slagginnestutningar. Ljudvågorna kommer vid dessa fel att reflekteras med större eller mindre spridning. Även här reflekteras bäst de fel som är vinkelräta mot ljudvågen (exempel på ett sådant är rotfel). Sämst reflektion ger porer, porsamlingar och slagginnestutningar. Detta p.g.a. svaga signaler tillbaka till sökaren vilket ger liten ekoamplitud. Höjden och bredden varierar inte alls med riktningen.

6.3 Magnetiseringsmetoden

Med hjälp av magnetfält och indikeringsmedel skall avvikelser upptäckas. I provdetaljen vill man alstra ett magnetfält som har den flödestäthet, riktning och karaktär som ger den bästa indikeringen på den typ av avvikelse som man är intresserad av att upptäcka.

Det finns ett flertal olika varianter av magnetiseringsmetoder. De kan delas in i två grupper; längsmagnetisering och cirkulärmagnetisering. [11]

6.4 Penetrantmetoden

I stort sett går penetrantmetoden ut på att man applicerar en vätska (penetrant) som innehåller ett färgämne på en yta som ska provas. Därefter avlägsnas all synlig "färg". Med hjälp av en framkallare som appliceras på ytan kan man sen göra den vätska synlig som har trängt in i t ex en spricka.

Det finns vissa begränsningar med den här metoden. Ett är att diskontinuiteterna måste vara öppna mot ytan för att kunna indikeras. En hålighet får ej heller innehålla smuts

eller andra föroreningar. Ett annat problem är när man har smala spalter. Penetranten tenderar tränga in där utan att det därefter är möjligt att avlägsna den. Därefter läcker den ut och kan påverka närliggande ytor. [11]

6.5 Röntgenprovning

Den detalj som skall provas genomstrålas med röntgenstrålning. Precis som "mänsklig" röntgen registrerar en film på motsatt sida av detaljen den strålning som gått igenom. Därefter får man en bild på detaljen och eventuella förekommande fel. Det går även att få upp en bild på en monitor.

Den här metoden kräver stora och dyra utrustningar, samtidigt som höga krav på säkerhet krävs (p.g.a. farliga röntgenstrålar). Dessutom kan röntgen inte alltid upptäcka väldigt små fel, detta är dock beroende på detaljens storlek. Orienteringen av fel är också av betydelse för detekterbarheten. Att upptäcka fel djupt in i detaljen är dock röntgenprovning väldigt bra. [11]

Den troligtvis största nackdelen med röntgenprovning är den omsorg man måste lägga ner på framkallning, fixering och övrig hantering av röntgenfilmen. Särskilda rum krävs och för att tolka bilderna rätt krävs erfarenhet.[8]

Del II

Koppling Teori - Saab

7 Saab Automobile AB

Saab Automobile AB ägs idag till 100% av General Motors (GM). VD, tillika styrelseordförande, är dock svensk och heter Peter Augustsson. Saab finns placerat på fem produktionsorter där Trollhättan är huvudorten. Där finns huvudkontoret, produktutveckling och den största produktionen av bilar. [1]

Modellprogrammet består just nu av Saab 9-5, Saab 9-5 Kombi, Saab 9-3 och Saab 9-3 Cabriolet. Dessa modeller kommer utökas från och med år 2002 av nya 9-3. Därefter kommer en ny modell att presenteras varje år. Det så kallade projekt 443 väntas lanseras år 2004.

7.1 Produktionsberedningen, TM

Det finns flera produktionsberedningar på Saab, Produktionsberedning Press, Kaross, Ytbehandling, Montering och Anläggning. Gemensamt för beredningarna är den fastställda affärsidén och ansvarsområdena de skall arbeta för;

Affärsidé

En effektiv enhet med stolt och motiverad personal som levererar premium kvalitet i tid med enkla arbetssätt som ständigt förbättras inom ansvarsområdena

- Utveckling och installation av rationella produktionsprocesser (generalplan, layout, byggnader, utrustning och instruktioner) i fabriker i Trollhättan.
- Utveckling av ett komplett ytbehandlingssystem inkl. egenskapen korrosion.
- Produktpåverkan (produktkrav - specifikationer, produktkritik, beredningsgodkännande) för att säkerställa att produkten blir producerbar enligt QLEH-mål. [2]

Karossberedningen arbetar således med ovanstående för karossfabriken. Det är också här utvecklingen av lasersvetsen skett, i Teknikgruppen TMKK.

8 Kvalitet på Saab

Kvalitetsarbetet på Saab är mycket omfattande, och i vissa fall, ganska komplicerat. Det finns ett otal policies, procedurer, dokument etc som skall följas vilket gör att den som ej är insatt lätt blir förvirrad. Ordet kvalitet genomsyrar dock hela organisationen så det går inte att missa att allt skall vara av god kvalitet, både vad gäller produkt och processer.

Vid den här kvalitetssäkringen har inte förbättringshjulet (se kap. 2.2) använts som kvalitetsverktyg. Detta då processen är helt ny och det skulle bli alltför "administrativt". Istället fokuserades arbetet på att först registrera de fel som uppstått och därifrån försöka

hitta felorsakerna. Vid produktion är det däremot lämpligt att använda sig av PDCA-hjulet. Det är först då tillräckligt många bilar lasersvetsas och utfallet blir större.

8.1 Kvalitetssäkringsplan

I Saabs kvalitetssäkringsplan, som ligger i databasen P&P (Policies & Procedures), står följande;

“För varje nytt eller ändrat utvecklingsobjekt och nya eller ändrade processer ska kvalitetssäkringsplaner utarbetas med syfte att säkerställa specifikationsenlig tillverkning vid seriestart.

Kvalitetssäkringsplaner ska innehålla alla aktiviteter nödvändiga för att säkerställa att specificerad produkt-/processkvalitet uppnås.

Vid seriestart för alla nya eller ändrade produkter och nya eller ändrade processer ska kvalitetssäkring och frisläppning vara gjord.”

Någon kvalitetssäkringsplan för den nya processen lasersvetsning finns *ej* att tillgå i dagsläget. Kanske behövs den inte just nu men för fortsättningen av projektet kanske en sådan borde upprättas. Risken blir då mindre att någonting glöms bort. Dessutom kan fler ta del i hur det går med lasersvetsningen och dess kvalitetssäkring, framförallt då det finns skriftligt.

8.2 Innehåll i kvalitetssäkringen

Inför den här kvalitetssäkringen fanns det som sagt *ej* en kvalitetssäkringsplan, *ej* heller vad kvalitetssäkringen skulle innehålla. I andra Saabdokument som berör kvalitetssäkring står endast att en kvalitetssäkring skall ses som en aktivitet. I produktutvecklingsarbetet måste en kvalitetssäkring vara klar vid olika objektgrindar (stadier) innan man kan gå vidare.

Inte någonstans går det att finna vad en kvalitetssäkring bör innehålla, t.ex. vad som skall undersökas och kvalitetssäkras. Att kalla den här rapporten för en kvalitetssäkring av lasersvets kan därför misstolkas, kanske rubriksättningen borde varit “Undersökning av lasersvets”? Lasersvetsen är ju trots allt inte helt kvalitetssäkrad ännu, vissa kontrollverktyg saknas ju. Dessutom är inte lasersvetsningen som process kvalitetssäkrad ännu. Ingen vet hur processen kommer klara sig vid full produktion. De bästa förutsättningar finns för att det skall gå bra och att kvaliteten *ej* skall bli lidande, men riktig bekräftelse kommer först vid produktionsstart.

För att nå en fullgod kvalitetssäkring innan produktionsstart kan de punkter som SMS nämner vara värt att titta på. De kan även de bli ett hjälpmedel vid en fullständig kvalitetssäkring. (Se kap. 3.1)

- *Konstruktionsgenomgång*. Information lämnas redan nu till konstruktörerna hur de bör t.ex. måttätta etc. Detta ömsesidiga informationsutbyte bör fortsätta.

- *Personalöversyn.* Svårt att nu utse vem som skall ansvara för vad, kontroll etc. vid produktion. Däremot bör man nog redan nu se över personalfördelningen. Just idag är det endast Roger Johansson på Karossberedningen som är ansvarig för lasersvetsningen och dess kvalitet. Dessutom finns det bara en person som kan köra lasern och roboten. Det här kan bli ett problem även vid prototypkörningen om någon av dessa två är borta. Vem skall då lasersvetsa och godkänna? Att bygga upp erfarenheter och kunskap om lasersvetsning tar också lite tid, därför bör fler personer utbildas på just lasersvetsning.
- *Kontroll, provning och reparation.* Redan nu har kontroll- och reparationsinstruktioner utarbetats (se kap. 8.5) Framöver behöver kontrollpersonal utbildas så att rätt bedömningar och reparationer görs.

8.3 Kvalitetsdimensioner på lasersvets

Som en del i kvalitetssäkringen av lasersvetsen kan man se hur väl kvalitetsdimensionerna uppfylls. Detta som komplement också till ovan. Här betecknas då lasersvetsen som en produkt och det är den produktkvaliteten som fastställs (se även kap.2.1). Då inga andra definierade mål finns i en kvalitetssäkringsplan på detaljnivå används i stället dessa i den här kvalitetssäkringen.

Driftsäkerhet: Vid prototypsvetsningen blev det en hel del släpp, alltså fel. Som tidigare nämnts beror det troligtvis på fel prototypbyggnation. Vid framtida serieproduktion kommer dock driftsäkerhet antagligen bli hög, framförallt om 4-punktsmätaren fungerar och svetsövervakning installeras. Redan nu kan dock konstateras att driftsäkerheten är relativt hög.

Prestanda: Inget direkt avgörande mått på lasersvetsen. Då flertalet biltillverkare lasersvetsar långt mer än Saab höjer inte den här lasersvetsen prestandan avsevärt för kunden. Fast å andra sidan, det är en ny teknik för Saab vilket kan ses som en förbättringshöjande åtgärd gentemot kund.

Underhållsmässighet: Det här är däremot ett avgörande mått på lasersvetsen. Innebär införandet av lasertekniken en ökning av underhåll? Naturligtvis till viss del men med rätt kontrollmetoder, kanske införande av tillbehör till laserutrustningen och rätt metod att avhjälpa fel, då skall inte underhållsbiten vara den endast avgörande faktorn. Redan nu kan man se problemområden vad gäller t.ex. fel, dessa kan då undanröjas innan serieproduktion.

Miljövänlighet: Det går inte att i dagsläget exakt fastställa hur miljön påverkas vid produktionen av lasersvetsen. Utan vetenskapligt underlag kan man dock säga att den inte är värre än redan befintliga svetsmetoder. Lasersvetsningen sker i slutna cell, använder befintligt kylvatten, det finns rökutsug och inga andra okända avgaser uppkommer från lasern. Miljövänlighet kan då anses som god.

Utseende: En lasersvets har betydligt bättre utseende än t.ex. kortbågssvets. En kvalitetshöjande faktor då svetsen ej blir direkt synlig för kund.

Felfrihet: Att lasersvetsen kommer vara behäftad med fel när kund köper bilen får ses som osannolikt. Detta förstås om korrekt förfarande skett i hela kedjan, dvs kontroll av svets, reparation, tätning osv.

Säkerhet: En lasersvets har hög hållfasthet så säkerhetsmässigt är den mycket bra. Dessutom kan mindre flänsar göras och på så sätt kanske öka siktområde etc. Då den endast behöver ensidig åtkomst behövs ej konstruktionen anpassas lika hårt som den måste göras för punktsvetsning. Det kan också öka säkerheten. Ser man på säkerheten vid produktionen så måste den följas noggrant. Laserljus är skadligt så speciella celler för lasersvetsningen måste integreras i line.

Hållbarhet: Ej en avgörande faktor för kvalitetssäkringen. Som tidigare nämnts har den hög hållfasthet, den kan inte skadas vid transport annat än om man direkt skadar den t.ex. med en vass mejsel.

Ser man på *utvecklingskvaliteten* av lasersvetsen så är den inte konstruerad för att tillfredsställa kundens behov. Inga krav har ställts från kunder att de vill ha lasersvetsade bilar. Att det blev den här lasersvetsen berodde främst på svårigheterna att svetsa med gamla konventionella metoder. Däremot ökar betydelsen mer och mer för hur kunden kan uppleva lasersvetsen. Sker inte t.ex. tillräcklig tätning av svetsen kan korrosion uppstå vilket naturligtvis ger en missnöjd kund.

Produktionskvaliteten är svår att fastlägga när prototyper endast körts. Redan nu kan konstateras att produktionskvaliteten försämras om inte de fel som finns, rättas till innan produktionsstart. Lasersvetsen har t.ex. högre toleranskrav, alltså höjs även kraven på produktionskvaliteten.

Leveranskvaliteten skall inte vara dålig vid produktion. Lasersvetsningen går snabbt och borde därför inte bli en "flaskhals". Oklart dock vad som händer vid eventuella fel med laserkällan, t.ex. om dioder behöver bytas ut. Enligt leverantörer skall det gå fort men idag går det alltså ej att fastställa hur bra leveranskvaliteten blir. Vid prototypkörningen har leveranskvaliteten varit god. Inga problem har hittills uppstått med laserkällan etc.

8.4 Konstruktionsåterföring

Det har varit problem vid den här kvalitetssäkringen att återföra en del problem och erfarenheter som uppstått vid lasersvetsningen. I kap 2.3 visas vikten av att ha en god erfarenhetsåterföring för att få en tillförlitlig produkt och att uppnå ständiga förbättringar. En fullgod erfarenhetsåterföring har alltså ej kunnat nås.

En av orsakerna till den ofullständiga återföringen är att väldigt många parter är inblandade. Det tar tid att nå ”rätt man” med information, framförallt då det mesta framförs muntligt (och informationen kanske blir förvanskad på vägen). Prototypbyggarna hinner bygga ett antal av samma del, alltså tar det längre tid innan felet ”byggs bort”. I möjligaste mån har därför diskussion förts direkt med prototypbyggarna men det har visat sig vara svårt att nå alla. Återföring har också skett till ansvariga för byggnationen vilket naturligtvis fördröjer informationen nedåt i ledet. Att eliminera fel kan också ta tid p.g.a. att en annan del av bilen kanske då blir påverkad, det uppstår då en kedjeeffekt. Ytterligare parter blir då inblandade och problemet tar längre tid att lösa.

Det måste gå att få en snabbare återföringskedja. Kanske det föreligger ett behov av skriftlig återföringsinformation? Fler prototypserier kommer ju att göras och för att få förhållandevis lika bilar behöver fel elimineras fortare än de gjorts hittills. Det går inte att fastställa hur bra kvalitet det kommer bli framöver när prototyperna varierar så.

Som ett led i kvalitetssäkringen är det ju viktigt också att ritningar stämmer osv. Därför hölls ett möte efter att ett antal prototyper hade körts för att fastställa hur lasersvetsen skall se ut på ritning, vilka toleranser etc. Efter diskussion gjordes ett nytt ritningsförslag med utgångspunkt från den gamla ritningen. Den skall då bli till en hjälp för konstruktörerna. Dessa ritningar återfinns i bilaga 7-8.

8.5 Standarder och KI

För alla typer av processer, produkter och liknande finns skrivna standarder. För lasersvetsning däremot saknas det ett flertal. Med utgångspunkt från de standarder som finns för punktsvetsning bör nedanstående skrivas för lasersvetsning.

Standard för:

- Konstruktionsanvisningar
- Tillverkningsanvisningar
- Materialrekommendationer
- Provning och kontroll av svetsar

Den enda standarden för lasersvetsning som finns idag är Standard 5093 Krav på lasersvetsade förband för “Tailor Welded Blanks” (endast på engelska).[19]

Då det visat sig att konstruktörerna är osäkra vad som gäller för lasersvetsning bör ovan skrivas ganska snart. På så sätt får de ett hjälpmedel utan att behöva "fråga runt".

Vad gäller den befintliga kontrollinstruktion, KI, som finns, KI-NR: TMKQA-01-031, så har den ändrats under kvalitetssäkringens gång. Med nya erfarenheter har det visat sig att den första versionen ej stämde överens med verkligheten. För att kunna kvalitetssäkra så mycket som möjligt lades förslag fram och tillsammans med beredare skrevs en ny KI. Den gamla och nya KI:n återfinns i bilaga 10-11. Reparationsinstruktionen har dock inte ändrats.

9 Aktuell laser

I förutvecklingslokalen (även kallad "gamla tvätten") finns det en lasercell där prototypbilarna för närvarande tillverkas. Vid laserinstallationen har ABB Body-in-White AB och Permanova Lasersystem AB varit huvudansvariga via ett s.k. funktionspaket. Det är också från dem Saab köper support. Lasercellen är en säkerhetsbyggnad som fyller de krav som gäller för personsäkerheten vid denna typ av process.

I lasercellen är följande installerat: [13]

ROBOT	ABB IRB 6400 M2000/2.8 150
ROBOTVERKTYG	Skärhand med höjdhållning från Precitec ³ Svetshand. Försedd med "crossjet" för att minska nersmutning av skyddsglasat. Dessutom finns det ett tryckhjul för att kunna trycka ihop plåtarna som skall svetsas
LASER	Rofin Sinar DY 033. Diodpumpad Nd:YAG-laser Maximal uteffekt: 3.3 kW Beräknad livslängd på dioderna: 10 000h.
OPTIK	Fiber: 400µm NA 0,2 L: 25m Svetshand: Kollimeringsoptik f200mm d50 (roterbar) Fokuseringsoptik f160mm d50 z-justerbar
KOMPRESSOR- KYLARE	KKW Riedel
TRYCKLUFT	9 bar för crossjet, 6 bar övrig pneumatik Förbrukning: ca 700l/min
SKÄRGAS	Nitrogen (kvävgas) Förbrukning: ca 150l/min

³ Precitec GmbH, Tyskland

SVETSGAS 92% Argon, 8% CO₂
Förbrukning: ca 10-50l/min

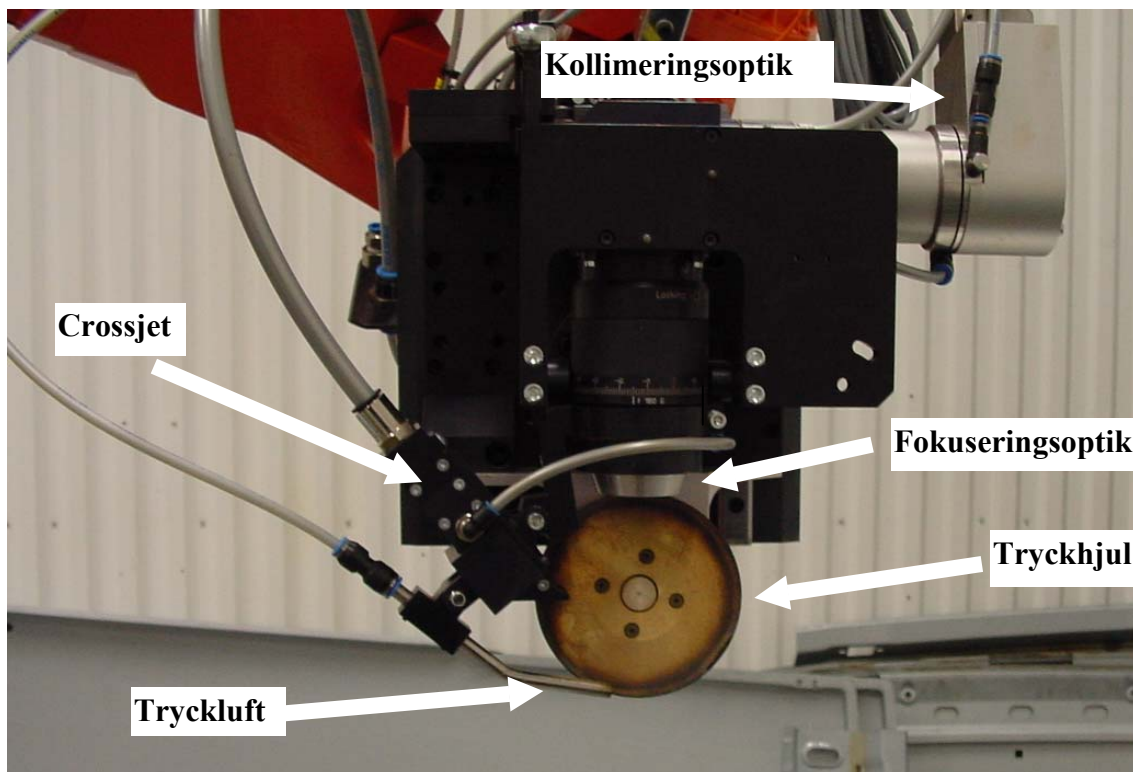
Lasersvetsningen av aktuell svets har skett med följande processdata:

Hastighet: 40mm/s

Tryck på hjul: Försök med både 10epp (17kg) och 20epp (34kg).

Effekt: 2500W

Plåt: Roof Panel, t=0,8mm; Header Rear Upper, t=1,2mm. Båda elförzinkad 7,5µm



Figur 9.1 Bild på aktuellt svetshuvud

9.1 Tillbehör

Utöver ovan nämnda finns det ytterligare utrustning som kan införskaffas. Det gäller då framförallt utrustning som är avsedd för att uppnå bättre svetskvalitet. Även här finns Permanova som leverantör av sådan utrustning. Beroende på typ av konstruktion på svetsförband kan det bli nödvändigt att införskaffa extrautrustning, detta för att över huvudtaget kunna ge en fullgod svets. I dagsläget för projekt 443 är inte den här utrustningen absolut nödvändig, då det endast handlar om prototyp tillverkning. För framtida behov kan det dock vara på plats att överväga om inte vissa tillbehör behövs.

9.1.1 Fogföljning

En laserstråle har liten fokuseringspunkt och kräver då en god tolerans mellan arbetsstycke och dess position. I vissa fall kanske inte den avsedda produkten har tillräcklig tolerans, därför behövs då en fogföljningsdetektering. Med den blir det då praktiskt möjligt att lasersvetsa. Det finns ett flertal olika tekniker för detta men gemensamt är att de ska "leta" efter plåtkanten (framförallt vid kantfogar).

Laserscanner: En scannande laserstråle sveper över arbetsstycket. Då strålen passerar en plåtkant kommer den projicerande linjen att uppvisa ett hack. Den informationen visar då var plåtkanten ligger. Nackdelen med den här tekniken är att enheten bygger i sidled där det ofta är ont om plats. Dessutom finns det en extra optik nära arbetsområdet som också skall hållas ren.

Mekanisk fogföljning: Här följer en mekanisk givare plåtkanten. Det är en enkel metod men nackdelen är att beröringsgivaren slits.

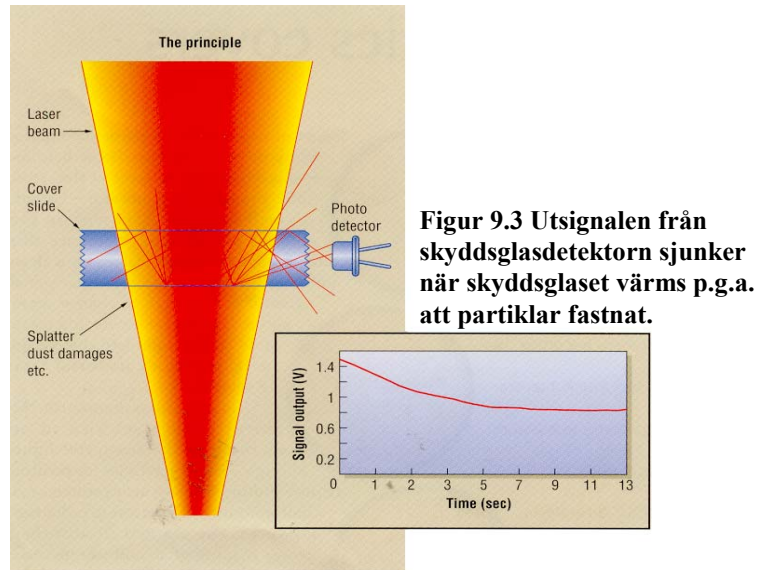
Visionsystem: En kamera tittar genom samma optik där laserstrålen fokuseras. Extra optik behövs alltså inte vilket sparar utrymme, vikt och extra underhåll. Dessutom erbjuder den här tekniken större åtkomlighet och noggrannhet, det sistnämnda för att inmätningen sker nära själva svetspunkten (cirka 5mm). Nackdelen är att belysningsnivån måste överstiga den nivå som svetsplasmat ger. För att åstadkomma en hög belysningsnivå måste en monokromatisk ljuskälla, en kraftig lysdiod, användas. [15]

Visionsystemet har bl.a. utvecklats av Permanova och har testats med framgång även på Saab. Vid framtida konstruktioner går det alltså att använda sig av kantfogar.

9.1.2 Skyddsglasdetektor

I optiken för lasersvetsning sitter ett skyddsglas framför fokuseringslinsen som skall skydda mot svetsprut, damm etc. Det här glaset måste bytas ut då det är för smutsigt, ett arbete som sker manuellt. Det är ganska svårt att se exakt hur smutsigt glaset är (bedömningen på graden av nedsmutsning blir godtyckliga), därför har en del laseranvändare bestämda intervaller för när glaset skall bytas. Ett vanligt intervall är byte av glas en gång per skift. Bytet kanske inte är nödvändigt men görs för att inte riskera för hård nedsmutsning vilket då kan ge fel på svetsen.

För att hålla nere kostnaden för glas och slippa den manuella okulärkontrollen av skyddsglaset, kan en skyddsglasdetektor installeras. Då partiklar, t.ex. svetsprut, fastnar på skyddsglaset ger det upphov till ströstrålning. Den ströstrålningen fångas till viss del mellan skyddsglasets båda väggar och leds ut mot skyddsglasets kant. Där finns det en detektor som tittar på kanten och mäter strålningsnivån. Via erfarenhetsdata sätts sedan den nivå där systemet larmar och glaset behöver bytas ut. Se figur 9.2 [15]

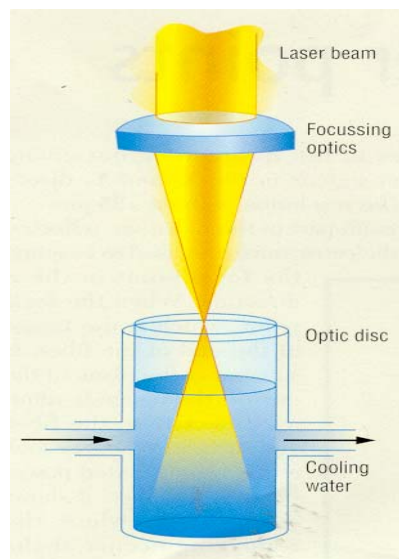


Figur 9.3 Utsignalen från skyddsglasdetektorn sjunker när skyddsglaslet värms p.g.a. att partiklar fastnat.

Figur 9.2 Princip för skyddsglasdetektorn

9.1.3 Tool Center Point - inmätning

En station med laser, fiber och robot ger ju mycket hög flexibilitet och tillgänglighet. Nackdelen med den här flexibiliteten är dock att det blir svårt att veta exakt var fokuspunkten ligger. För att få större noggrannhet vad gäller fokuseringspunkten kan därför en TCP-inmätning installeras. Den använder en positionskänslig detektor och en spegel och kan då bestämma fokuspunktens läge i tre koordinater. Se figur 9.4. Noggrannheten man kan uppnå i x-y-led är $\pm 25\mu\text{m}$, medan upplösningen i z-led är beroende av den fokuseringsvinkel man använder sig av. Med en fokusvinkel (halvvinkel) på 12° blir upplösningen i z-led $\pm 50\mu\text{m}$. [15]

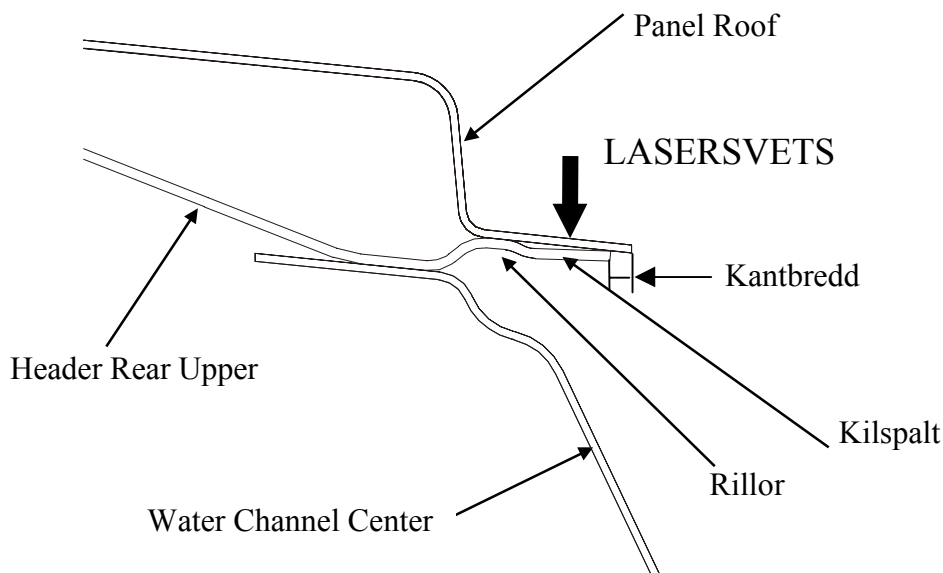


Figur 9.4 En vattenkyld enhet används till att mäta fokuseringspunkten i z-led.

10 Foggeometri på 443

Det aktuella området på 443 som lasersvetsas är bakre fläns på takplåten (se bilaga 7). Anledningen till att det blev just det här området var att konstruktionen gjorde det omöjligt för punktsvetsning. Tillräcklig åtkomst fanns inte för punktsvetsstängerna och alternativet med MIG/MAG-svetsning föll bort p.g.a. för mycket värmedeformation. Därför krävdes en ganska snabb lösning för att kunna lasersvetsa där istället. Valet blev ett överlappsförband där en kilspalt säkras med hjälp av rillor. Det löser då problemet med zinkångorna. Efter tester på 9-5:s takplåt, där en kilspalt även tvingades fram, beslöts att den tänkta konstruktionen skulle användas.

Nedan visas ett tvärsnitt på nuvarande konstruktion av 443.



Figur 10.1 Nuvarande foggeometri 443

11 Kontroll av lasersvets

Det finns några olika varianter av kontrollmetoder som kan utnyttjas på Saab för att se om lasersvetsen är av god resp. dålig kvalitet. I dagsläget finns det dock ingen metod som helt kan säkerställa kvaliteten. Troligtvis kommer det finnas en ganska säker kontrollmetod vid serieproduktion. Kontroll kommer då med all sannolikhet ske med en sk 4-punkts resistansmätare. Eftersom leverans kommer ske alldeles snart av en 4-punkts resistansmätare hinner den testas innan produktion.

11.1 Okulärkontroll

Okulärkontroll är, trots sin enkelhet, en av de bästa metoderna att kontrollera en lasersvets. Detta förutsatt att man har lite erfarenhet och kunskap om hur en bra lasersvets ser ut. Vid prototypkörningen har följande för- och nackdelar uppmärksammats:

- + *Enkelt.* Kräver ingen utrustning, alltså kan kontroll ske i stort vart som helst i produktionen.
- + *Måttkontroll kan ske.* För att se om svetsen följer toleranserna måste okulärkontroll ske. Detta skulle ta betydligt länge tid med andra instrument.
- + *Snabbare återföring av fel.* Görs en okulärkontroll av varje bil kan man snabbare fånga upp de fel som dyker upp. Dessutom upptäcks de fel (t.ex. små porer, dålig passning etc) som andra instrument har svårt att upptäcka.
- + *Justering före och efter.* En okulärkontroll kan ske före lasersvetsningen. Då kan man justera eventuella passningsfel innan och på så sätt undvika t.ex. släpp. Som följd av detta reduceras både justerings- och reparationstiden efter lasersvetsningen.
- + *Billigt.* Inga dyra utrustningar krävs. Kontroll behöver ej ske vid särskilda stationer vilket sparar både tid och pengar.
- *Olika bedömning av fel.* Operatörer kan bedöma lasersvetsens kvalitet på helt olika sätt. För att undvika att fel går igenom krävs utbildning och erfarenhet.
- *Svårt att se fel.* I viss mån är det svårt att se eventuella fel på undersidan av lasersvetsen i 443. Detta p.g.a. designen. Är lättare om ficklampa används.

11.2 4-punkts resistansmätare

Användandet av en 4-punkts resistansmätare för lasersvetsning är relativt okänt inom bilindustrin. Detta p.g.a. att det inte tillverkats några sådana på några år. Den enda biltillverkaren som använt sig av den här mätaren är Volvo, fast för tillfället är den ur bruk då den är sönder. Efter påtryckningar från ett antal bilproducenter, t.ex. Volvo, Jaguar och Saab, har tillverkaren, Physical Acoustics Ltd, åter igen beslutat sig för att tillverka och leverera sådana. Tyvärr har den inte levererats inom fastställd tid så testresultat från den kan inte redovisas i den här rapporten.

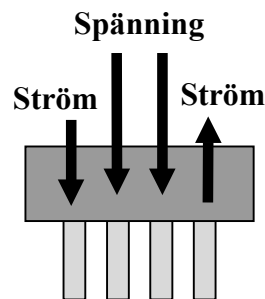
Enligt Volvo har deras gamla resistansmätare fungerat utan större problem. Kontroll av deras lasersvetsar skedde endast med den här mätaren. De som nu kommer levereras, bl. a. en till Saab och tre till Volvo, är modifierade för att bättre passa in i produktion. Modifieringen har skett då det visade sig att den gamla mätaren var känslig för slitage. (Se bild på dessa i bilaga 6)

Med resistansmätaren blir det lättare för operatörerna att kontrollera svetsen manuellt. Tillsammans med svetsövervakaren får man en väldigt bra kvalitetssäkring av svetsen.

Sannolikheten att både svetsövervakaren och resistansmätaren skall visa fel är betydligt liten.

11.2.1 Funktion

Metoden bygger på att en probe med fyra "ben" pressas på lasersvetsen. Genom att pulsa en elektrisk ström genom de två yttersta "benen", mäts resulterande spänning i de inre "benen". Med den här informationen kalkyleras sedan resistansens värde i svetsen. Se figur nedan. Resistansvärdet är litet på en bra svets, det är det däremot *inte* på två ej ihopsvetsade plåtar. Beroende på vad detta värde är visar det kvaliteten på svetsen. Exempel på vad som kan ge olika värden är porer, sprickor och svetsdjup. För att veta vilka värden man skall arbeta efter måste det till försök och provning för att säkerställa processfönstret. Dessa värden har i dagsläget ej fastställts, alltså måste det ske innan serieproduktion. [17]



Figur 11.1 Principskiss över 4-punkts resistansmätare

11.2.2 För- och nackdelar

Då mätaren ej har kunnat utvärderas får nedanstående för- och nackdelar ses som antaganden till dess provning kan ske med den.

- + *Enkel*. Den är lätt att använda, inga komplicerade tolkningar krävs av resultatbilden då den ger signal bra resp. dålig.
- + *Är anpassad till lasersvetsning*. Finns ej andra pålitliga kontrollmetoder för lasersvetsning (ännu!).
- + *Hanterbar*. Den är ej skrymmande, väger inte mycket, ergonomisk och behöver därför ej särskild avsedd plats vad gäller kontroll. Kan lätt integreras i befintlig line.
- + *Gör ej åverkan på svetsen*. En bra oförstörande metod som ej heller kräver t.ex. kontaktmedia.
- + *Risken minskar* för operatören att göra en felaktig bedömning av svetsen.
- + *Snabb kontrollmetod*.
- *Ny för Saab*, vet inte hur pålitlig kontrollmetoden är. Dessutom finns ingen erfarenhet av den.

- Är den fortfarande känslig för *slitage*? Endast tiden kan utvisa det.
- *Relativt dyr*. Endast ett exemplar är beställt. Vad blir eventuella reparationskostnader?

11.3 Ultraljudsprovning

Att använda ultraljudsprovning för kontroll av lasersvetsen skulle definitivt vara den bästa metoden för Saab. Den är väl inarbetad, många kan den och det är en relativt billig kontrollmetod. Tyvärr så har inte utvecklingen av ultraljudsprovning kommit så långt att det går att kontrollera lasersvetsar med den. Strukturen av lasersvetsen är så pass annorlunda mot punktsvetsar så det är inte möjligt att få samma parametrar som man är van vid. Dessutom krävs mycket känsligare prober, vilket gör kontrollmetoden dyrare än vad den är idag. De faktorer som talar för, och emot, ultraljudsprovning är;

- + *Välkänd metod*, framförallt för Saab. Viss utbildning krävs då endast för att lära sig hur ultraljudet ser ut vid lasersvetsar.
- + *Relativt billigt*. Kan befintlig utrustning användas med andra prober blir det ett billigare alternativ än t. ex. 4-punktsmätaren.
- + *Kontroll kan ske på flera ställen* i produktionen. Då Saab i nuvarande läge endast har beställning på en 4-punktsmätare erbjuder ultraljudsprovningen fler kontrollplatser.
- *Svetsen är för smal* vilket gör att proben/kristallen ej kan detektera eventuella fel. Lasersvetsen har ett s-mått på ca 1mm, proben ligger då an både på svets och närliggande rena plåtyta.
- *Ytfinishen på svetsen är för ojämn* för att proben skall få riktig kontakt. Det ger ett dåligt utslag och omöjligt att tolka.
- *Ultraljudet ger endast utslag på om plåtarna sitter ihop, ej hur mycket*. Alltså är det svårt att bedöma hållfastheten i svetsen och hur många eventuella diskontinuiteter svetsen innehåller.
- *Tidskrävande*. Då en tydlig bild ej visas på skärmen kan viss justering krävas. Även om vissa parametrar är fastställda krävs det tid för att tolka ultraljudsbilden.

11.3.1 Test med ultraljud, Panametrics EPOCH4 och 2,5mm probe

Först mättes ren takplåt för att få fram en referensbild av ultraljudet. Därefter lades proben an på svetsen. Ekoavståndet skall då öka med ca 30%, det visar då att man tjockleksmäter. Det här fenomenet uppstod dock ej. Bandbredden för ekot (=samma tid) blir lika vid kontroll av svetsen som för ren plåt. Alltså går ljudet ej igenom de båda plåtarna.

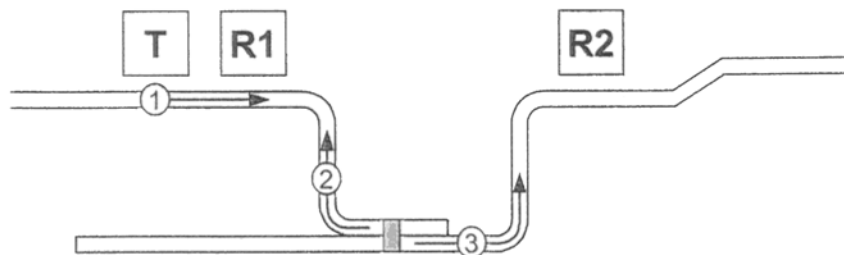
Dessutom upptäcktes att ytjämnheten är för dålig för att man ska få en bra bild. Kontakten mellan kristallen och ytan var dålig, trots ganska mycket kontaktmedia. Bilden blev mycket svårtolkad och ej trovärdig.

Enligt Lars-Göran Svensson, Saab, finns det en pennliknande probe som kan dras tvärs över svetsen (får då fram något som liknar ett tvärsnitt). En sådan probe kan möjligtvis kontrollera en lasersvets, dock utan att finna eventuella små diskontinuiteter. Att använda en probe av det slaget är dock ganska tidsödande och det krävs att kontrollanten har stor kunskap om ultraljudsbilden. Därför är inte den här metoden anpassad för produktion. Möjligtvis om det går att få fram bra referensfönster på skärmen och att det finns tydliga gränssnitt.

Med det här försöket konstaterades att ultraljud ej är någon bra kontrollmetod för närvarande. Då den inte heller kan ge utslag för exempelvis porer är en okulär kontroll att föredra. Ett vant öga upptäcker ytporer snabbare än ultraljudet.

11.3.2 Framtid för ultraljud

Troligtvis är ultraljudsprovning av lasersvetsar inte så långt bort i framtiden. Med andra varianter av prober finns det en stor marknad även här för ultraljudsprovning. En intressant variant av probe är vinkelproben. Sker det en utveckling av den kan det bli aktuellt att kanske införa en sådan. Proben behöver då ej placeras direkt på svetsen utan den läggs an mot ren plåtyta i närheten av svetsen. En mottagarprobe kan då också placeras på andra sidan svetsen, se exempel nedan. 2000 gjordes det försök med detta hos Vauxhall med framgång. En vidareutveckling av försöket har dock inte skett så metoden är ej så utbredd.



Figur 11.2 Principskiss över Innerspec Technologies ultraljudsmätare. Förklaring: 1. En sändare (T) skickar iväg en ultraljudsvåg mot svetsen. 2. Den första mottagaren, R1, mäter det reflekterande ljudet från den svetsade zonen. Porer och liknande kan upptäckas. 3. Den andra mottagaren, R2, mäter ultraljudet som passerat genom svetsen. Är det fel på svetsen kommer inte ljudet igenom, det blir alltså en felaktig ljudbild. [18]

Opel har utvecklat ett eget ultraljudstest för sin lasersvets i takkanalen. Det ultraljudstestet ser inte eventuella diskontinuiteter, endast graden av "klistring" av

plåtarna. Dessutom är det här ultraljudet inbyggt i en enhet speciellt anpassat för takkanalen. Alltså måste den enheten anpassas för annan typ av lasersvetsdesign.

11.4 Verktyg (mejsel)

Att använda någon sorts verktyg för att göra oförstörande provning är också en väl beprövad metod. I den första Kontrollinstruktionen som skrevs [6] nämns att ett bändverktyg skall användas. Det verktyg som i början användes var en kniv. Att använda kniv är dock inte att rekommendera. Risken för skärskador är för stor och den har inte tillräcklig kraft att bända isär plåtarna.

Vid kontroll av prototypbilarna användes istället en mejsel med ett fastsvetsat "handtag". Mejselbladet hade också slipats lite för att göra den vassare. Det här visade sig fungera bra och kan mycket väl användas vid framtida produktion. Nedanstående för- och nackdelar kan konstateras med mejselanvändning:

- + *Beprövad metod på Saab.*
- + *Upptäcker snabbt om plåtarna är sammansvetsade eller inte.*
- + *Billigt.* Inga dyra verktyg krävs.
- + *Enkelt.* Inga speciella klampningar, jiggas etc krävs.
- *Delvis förstörande.* Det här är den största nackdelen och gör att verktygskontroll bör ske sparsamt. Det är svårt att få in mejselbladet mellan plåtarna utan kraft, dessutom måste de böjas isär för att se om svetsen är riktigt. Risken finns att plåtarna böjs för mycket och att den ursprungliga formen ej kan återfås. Verktuget/-n ger märken i plåtarna som kan ge problem i Måleriet.
- *Skaderisk.* Kan finnas risk för skador om man slinter med verktyget. Eftersom det är svårt (framförallt innan man blir van) att få in verktyget mellan plåtarna ökar den risken. Arbetsställningen kan också bli påfrestande.

11.5 Magnetiseringsmetoden

Det går inte att alstra magnetfält vid aktuellt område därför är den här metoden ej aktuell för Saab. Dessutom är det en komplicerad process som omöjliggör snabb kontroll av lasersvetsen.

11.6 Penetrantmetoden

Även den här processen är komplicerad och omöjliggör snabb kontroll av lasersvetsen. Felen som kan uppstå är också av sådan karaktär att det är svårt för penetranten att nå dessa. Den här metoden får därför ses som omöjlig för Saab.

11.7 Röntgen

Upptäcker inre diskontinuiteter men för daglig kontroll av lasersvetsen är den alldeles för långsam och komplicerad. Dessutom kräver den dyr och skrymmande utrustning och bra utbildad personal. Den här metoden får därför ses som omöjlig för Saab.

11.8 Weld Watcher

Ett av de säkraste sätten att kontrollera en lasersvets är med en s.k. Weld Watcher (på svenska, Svetsövervakare). En sådan har utvecklats av LZH, Laser Zentrum Hannover e.V, och distribueras i Sverige av Permanova Lasersystems AB under namnet ProWatcher-Seam. Den här svetsövervakaren finns *inte* på Saab men för en framtida serieproduktion bör man överväga om man skall installera en sådan. Oförstörande provning är så pass beroende av operatörernas kunnande och erfarenhet så det går aldrig att till 100% garantera en fullgod svets. Med processövervakning ökar garantin för fullgod svets, dessutom larmar den omedelbart om fel uppstår.

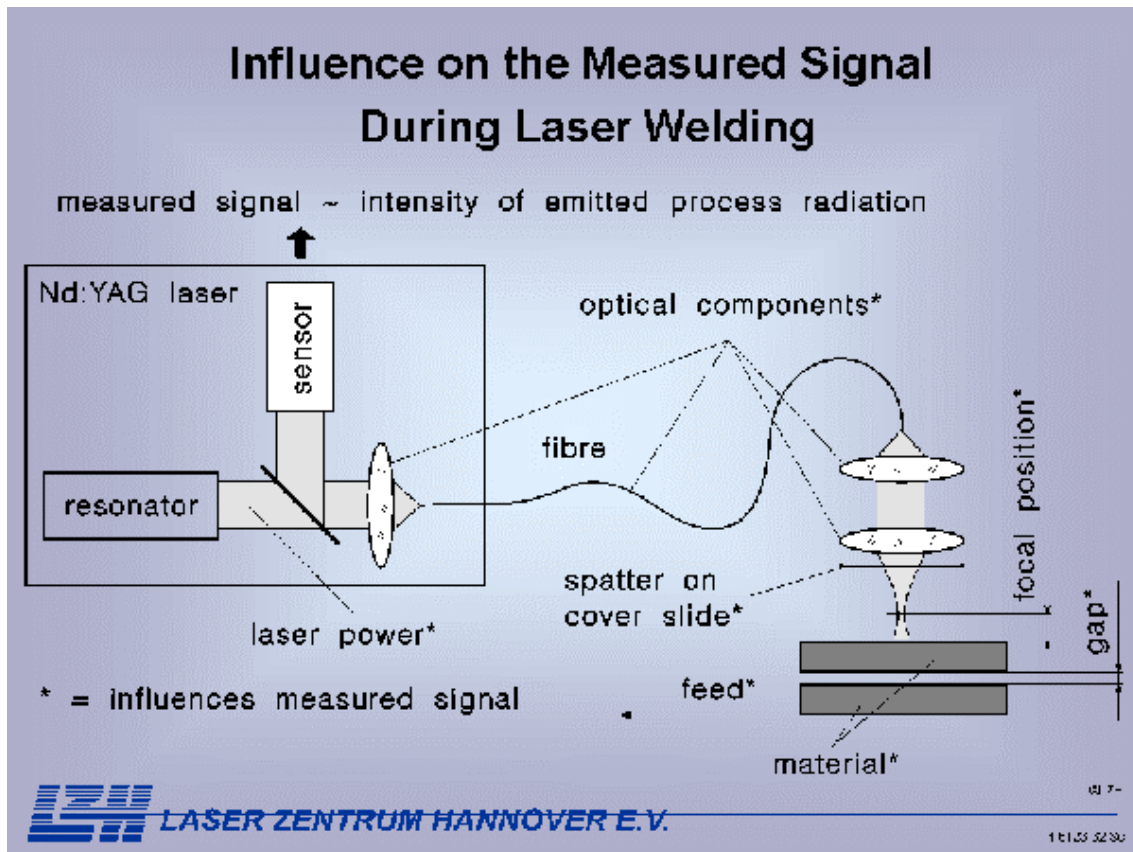
Fel på svetsen behöver inte enbart bero på t.ex. dålig passning eller plåtfel. Det kan också bero på instabil process, såsom variationer i gasflödet, smutsigt skyddsglas, fel fokuseringspunkt etc. Svetsövervakaren upptäcker sådana här fel, även de fel som beror på själva svetsobjektet.

11.8.1 Funktion

Övervakningen av processen sker via en sensor som är integrerad i lasern. Den studerar svetsplasmats intensitet efter transmission genom fibern. Övervakning sker också av de komponenter som påverkar själva laserstrålen. På en monitor kan man sedan se olika resultat, bl. a om svetsen är godkänd eller ej. Vid användning av fler digitala processmetoder kan också generell kvalitetsförsämring likväl enstaka svetsproblem , upptäckas och därefter bli statistiskt dokumenterade och rapporterade till PLC.

Fördelarna med det här systemet är ett flertal. Den största är att åtkomligheten vid svetsstället ej försämras och ändå har du en god svetsövervakning. Dessutom minskar reparationer, kontroller och underhållskostnader. Den automatiska svetsövervakningen är också till 100% en oförstörande kontrollmetod. Därför kan den med fördel användas när svetsning sker i t.ex. fyrkantör, profiler etc. [14] [15]

En principskiss över funktionen återfinns på nästa sida.



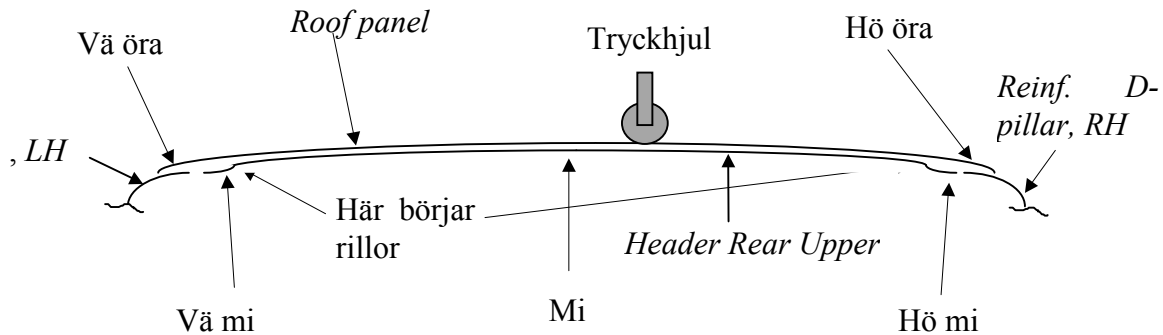
Figur 11.3 Principskiss över funktionen på ProWatcher-Seam

12 Lasersvetsfel på prototypbilar

Den aktuella foggeometrin på 443 har gjorts för att undvika de flesta vanliga förekommande problem (se kap. 4.2.2 och kap 9). Trots detta har det naturligtvis uppkommit en rad olika fel vid lasersvetsningen. Dessa fel är dock av sådan karaktär att de går att lösa utan t.ex. designändringar. De flesta fel som uppstått, och uppstår, beror istället på dålig passning och felmontering av plåtarna. En lasersvets kräver mycket större noggrannhet vad gäller passning än för punktsvetsning. Därför *måste* stor vikt läggas vid att få den passning som är fastställd. De prototypbilar som nu byggts har ganska stor spridning vad gäller passning, därför blir också felen fler. Förhoppningsvis blir inte spridningen så stor vid serieproduktion då karossbyggnationen blir mer konstant.

Problemområdet på svetsen, som det ser ut idag, är "öronen" och vänster mitt (vä mi). Med vä mi avses den del av underplåten fram till rillornas början, se figur 12.1. Underplåten (Header Rear Upper) är ofta nedböjd, syns i figuren, vilket gör att takplåten ej kan följa, trots tryck av svetshuvudet. Följden blir för stort spel och släpp. För att undvika det senare har den delen justerats manuellt för att få sampassning. Frågan är då om detta skall göras i en framtida serieproduktion? Vad layouten på line visar så finns

det inte plats för en sådan manuell justering. Därför behövs det problemet lösas så att en eventuell justering ej krävs framöver. I figuren nedan visas en grov skiss över bl.a. nedböjningen av vänster och höger mitt (fram till rillorna).



Figur 12.1 Grov skiss över plåtstruktur

12.1 Statistik över fel

För att bättre förstå kapitlet kan bilaga 1-5 följas.

Tabeller gjordes över svetslängd, porer, hål, släpp och sprutskydd. Då det var svårt i början att veta exakt vad som borde iakttas gjordes dessa p.g.a. att det troligtvis var det som skulle bli mest intressant att studera. Dessa tabeller visade sig sen fungera bra då det gick att utläsa ett visst mönster vad gäller olika fel. Något som däremot kanske borde ha gjorts är en tabell över hur stora fel i sampassning mellan plåtarna det var innan svetsning. Viss notering har gjorts om det i bilagan över släpp men kanske borde bättre dokumentation gjorts. Det är svårt för andra att förstå hur plåtarna sett ut innan och efter svetsning. Tabellerna ger dock en fingervisning om vart och varför olika fel uppstått.

Svetslängd och kantbredd: Viss variation i svetslängd finns. Det påverkar inte kvaliteten på svetsen utan beror främst på att effekten inte "rampas" mot plåten. Programändring gjordes också för att justera svetslängden.

Vad gäller kantbredden däremot så kan stora variationer noteras. Den här variationen har varit en av de största faktorerna att ta hänsyn till vid lasersvetsningen. Variationen i kantbredden måste bort innan serieproduktion, där går det inte att manuellt justera robotprogrammet. Vid prototypkörningen fick robotprogrammet, dvs svetsens läge i rymden, justeras manuellt i stort sett vid varenda körning. Det går att ha givare som läser av plåtens kant i serieproduktion, men med nuvarande konstruktion är kanterna svåra att finna för en givare. Bättre sampassning mellan Roof Panel och Header Rear Upper måste till. Framförallt måste det nog till en bättre jigg som justerar taket. I dagsläget är det mycket upp till prototypbyggarna hur väl taket sampassas mot takbalken. Detta för att jiggen inte riktigt kan styra in taket rätt.

Porer: Våldigt bra resultat uppvisades vad gäller porer. De porer som uppstått påverkar inte kvaliteten avsevärt. Däremot kan de kanske ge problem med korrosion om inte de synliga porerna tätas. Efter kontroll visade det sig att porer syns mycket tydligare i Måleriet efter att karossen varit i ED-badet. Det är redan nu bestämt att Måleriet skall göra por- och hållkontroll för att därefter täta om det behövs. Ett rätt beslut då det är svårare att se porer och hål i karossen, detta p.g.a. smuts från svetsen, blank plåt etc.

Hål: Inga större problem med hål heller. Däremot har det ibland blivit sk skärning. Främsta orsaken till det är problemen med sampassningen. Hål i starten eller slutet av svetsen skall inte ses som ovanligt. De försämrar inte svetskvaliteten och skall sedan tätas i Måleriet.

Släpp: Med släpp avses då plåtarna ej är sammansvetsade och är tvungna att repareras. Tyvärr uppstod det fler släpp än vad som kanske förutspåddes, också detta p.g.a. problemen med sampassningen. Det främsta problemområdet att drabbas av släpp är vä öra och vä mitt (som tidigare nämnts). Troligtvis beror det på att takbalken har sett något annorlunda ut på vänster sida än höger sida, därför blir inte passningen likadan där. Justering av plåtarna gjordes i de fall då det var stort spel innan svetsning.

Av 41 svetsade prototyper blev det släpp på 16 (ca 40%) men det får nog ändå ses som en bra siffra. Med tanke på att svetsen är så lång och släppen endast skedde på en liten del av den, får nog svetsen ses som förhållandevis god. Däremot går det inte att ha den här andelen släpp vid produktion. De sista prototyperna hade inga släpp så förhoppningsvis visar det en tendens på att sampassningen blir bättre framöver⁴.

Sprutskydd: Försök gjordes med olika former av skydd för att inte skada plåten allt för mycket med svets-sprut. De fungerade ej tillfredsställande och skydd slutade användas. Det blir inte lika grovt svets-sprut som t.ex. för kortbågesvetsning så skydd behövs nog inte framöver. Sprutet fastnar inte på plåten utan blir snarare ett ”damm”.

13 Feltyper på lasersvetsen

Efter litteraturstudier och undersökning av andra biltillverkares material framkom det att det inte någonstans går att finna en matris eller liknande som beskriver vad för olika fel som kan uppstå rent allmänt vid lasersvetsning. Ovan kapitel beskriver vad som hänt vid en specifik lasersvets, men går det att applicera det på andra svetsar? Vid den här kvalitetssäkringen skulle det varit till stor hjälp om en sådan hade funnits från första början. Då det inte fanns gjordes en egen matris som kan ses som en förenklad variant av FMEA⁵. Denna kan vara användbar vid utbildning på lasersvetsning, för konstruktörer etc, allt för att tidigt visa vad för fel som kan uppstå och hur de undviks.

⁴ En konstruktionsändring är också på gång av ”öronen”, detta enl. uppgift per 2002-03-28. Då den här kvalitetssäkringen avslutades innan dess kan tyvärr ytterligare uppgifter ej lämnas om förändringen.

⁵ Failure Mode and Effect Analysis

Den här matrisen återfinns i bilaga 11. Den skall inte ses som definitiv utan kan fyllas på allt eftersom nya erfarenheter kommer till.

14 Resultat

Ett resultat skall uppvisa vad man kommit fram till vid t.ex. en undersökning, uppmätta värden etc. Vad gäller kontrollmetoder av lasersvetsen är det en stor nackdel för denna kvalitetssäkring att inte 4-punktsmätaren levererades i tid. Den har därför inte kunnat undersökas och därför kan inte resultat från den uppvisas. De konkreta resultat som däremot kan konstateras är;

- Tabellerna i bilaga 1-5 visar att det främsta svetsproblemet är släpp. Hål och porer uppstår men är inte det avgörande svetsproblemet. Sammantaget är dock kvaliteten på svetsen god med tanke på att det är de första prototyperna som svetsas.
- Det går redan nu att kontrollera lasersvetsen med tillfredsställande kontrollmetoder, framförallt sker kontrollen okulärt och med mejsel. Dessa metoder bygger dock på att man har erfarenhet, att man vet vad man skall titta på. Ultraljud är ej en bra metod, det visade framförallt det egna testet med en liten probe. De övriga kontrollmetoder som redovisats har efter studier visat sig ej tillämpbara för Saab.
- Den gällande foggeometrin fungerar tillfredsställande. Vissa justeringar måste dock göras, framförallt vad gäller sampassningen mellan plåtarna.
- De extra tillbehör som finns på marknaden för att bättre säkerställa laserprocessen har ej kunnat undersökas. Detta beroende på att de ej fanns att tillgå på Saab.
- Litteraturstudier har visat att det ej går att finna en enkel matris över feltyper-felorsak-feleffekt etc. En sådan har därför skapats vid den här kvalitetssäkringen, allt för att bättre kunna säkerställa kvaliteten på svetsen och processen. Den återfinns i bilaga 11.
- Ritningsförslag har lämnats med utgångspunkt från de uppmätta värdena i tabell 1.
- En ny kontrollinstruktion har arbetats fram efter att de nya erfarenheterna från lasersvetsningen visat att den gamla KI:n uppvisade brister. Återfinns i bilaga 9.
- Vissa standarder som behövs, saknas för lasersvetsning. Inga förslag till sådana lämnas i den här rapporten. Däremot kan den här rapportens resultat vara till hjälp vid skrivandet av sådana.
- Återföringen av problem vid lasersvetsningen, t.ex. till prototypbyggare och konstruktörer fungerar ej tillfredsställande. Det tar tid att få ett fel ”bortbyggt”, alltså hänger ett fel med på några efterföljande prototyper.
- Jiggens utformning avgörande för hur stor kantbredden blir. En bättre sådan behövs framöver.

15 Slutsatser

En kvalitetssäkring kan göras på ett flertal olika sätt, allt beroende på vilket företag man gör den på. Den här kvalitetssäkringen är inte gjord efter någon mall på Saab (då den inte finns en sådan), utan har skapats efter "eget huvud" och undersökningar av vad som bör ingå i en sådan. Kvalitetssäkringen kan därför ej ses som fullbordad, då vissa verktyg saknats för att göra en så komplett kvalitetssäkring som möjligt.

Ovan resultat visar dock att lasersvetsen till viss del är kvalitetssäkrad. Kontrollmetoder har utvärderats, litteraturstudie är gjord för att försöka finna vad som bör gälla för en kvalitetssäkring, de uppkomna svetsproblemen har studerats för att därefter ge förslag hur de skall undvikas och de egna resultaten har varit till hjälp för nya ritningar och kontrollinstruktioner. De ställda målen på den här kvalitetssäkringen kan därför ses som uppfyllda. Däremot går det att arbeta vidare på den här kvalitetssäkringen, detta har också påpekats i rapporten. Framförallt eftersom konstruktionen troligtvis kommer förändras lite och att det endast är prototyper som svetsats hittills. Något som också bör påpekas är att den här rapporten kan vara till god hjälp, framförallt för den fortsatta kvalitetssäkringen av efterföljande prototyper och vid produktionsstart. Dessutom kan den fungera som information och utbildning.

15.1 Analys av resultat

Andra resultat kanske hade uppnåtts om ett bättre underlag hade funnits innan den här kvalitetssäkringen påbörjades. Mycket tid fick läggas på att undersöka vad som bör ingå i en kvalitetssäkring, vad man bör titta på och hur andra har kvalitetssäkrat lasersvetsning. De undersökningar som gjorts av prototyperna har däremot gett en god fingervisning om vilka problem som troligtvis även kommer uppstå framöver. Trots avsaknaden av vissa kontrollverktyg har det visat sig att gamla beprövade kontrollmetoder som okulärkontroll och mejsel fungerat bra. Det kommer troligtvis däremot bli oerhört lättare och snabbare att kontrollera lasersvetsen med 4-punktsmätaren.

Den förenklade FMEA-matrisen över feltyper som gjorts är resultatet av de undersökningar som gjorts av lasersvetsen. Inget liknande har gått att finna i litteraturen eller hos konkurrenter så den får för tillfället ses som ganska Saabunik. Den kan också kompletteras med ytterligare feltyper om det uppstår fler sådana innan serieproduktion. Matrisen kan också mycket väl ses som ett hjälpmedel inför andra lasersvetsapplikationer i framtiden och kan kompletteras/ändras allt eftersom.

15.2 Rekommendationer till fortsatt arbete

Som tidigare nämnts bör inte den här kvalitetssäkringen stanna vid den här rapporten. Kvalitetssäkringen bör även fortsätta framöver. För att underlätta arbetet av en kvalitetssäkring, vilken process det än handlar om, behövs det nog en specifikation över vad en kvalitetssäkring bör innehålla. En sådan saknas på Saab.

De standarder som också nämns i rapporten bör skrivas. Det går då att hänvisa till dessa standarder istället för den här rapporten. Rapporten kan däremot ses som ett underlag för skrivandet av standarder. Matrisen över feltyper som nu är gjord kan också ingå i det underlaget för standarder.

Vidareutbildning av personal för lasersvetsningen kommer naturligtvis ske framöver men den bör startas ganska snart. I dagsläget när det endast är två personer som är engagerade i lasersvetsningen blir sårbarheten ganska stor. Att bygga upp en kunskapsbank innan produktionsstart är viktigt, framförallt då det är en så pass ny process för Saab.

16 Referensförteckning

- 1 www.saabsverige.com/home/SE/sv/company_information.xml, 2002-02-19
- 2 <http://oskar.saabauto.com/t/tm/tm/doc/affarside.html>, 2002-02-19
- 3 Bergman B, Klefsjö B, 2001, *Kvalitet från behov till användning*, ISBN 91-44-01917-3
- 4 Bergman B, Klefsjö B, 1995, *Kvalitet från behov till användning*, ISBN 91-44-33412-5
- 5 IVF-rapport 98003 *Nd:YAG-lasersvetsning av zinkbelagt stål*
- 6 Saab Automobile AB, 2002-01-04 *Generell kontrollinstruktion för karossammanbyggnad, Lasersvetsning* KI-NR. TMKQA-01-031, Utg. 1
- 7 Lundqvist B, 1991, *Sandvikens handbok, Svetsning*, ISBN 91-21-12514-7
- 8 Wallin G, 1973, *Sandvikens handbok, Oförstörande provning*
- 9 SMS, 1999, *Kvalitetssäkring vid svetsning, Handbok 540*, ISBN 91-7162-488-0
- 10 A. Ivarson, C Lampa, T Forsman, *Svetsning med CO₂- och Nd:YAG-laser, Teori och praktisk tillämpning*, SVELAP & Luleå Tekniska Universitet, 961223
- 11 KTH, 1994, *Oförstörande provning*, ISRN KTH/ST—KUL-002—SE
- 12 MNC, 1982, *Handbok nr 9 Oförstörande provning*, ISBN 91-7162-114-8
- 13 Permanova Lasersystem AB, 2001-01-02, *Teknisk specifikation*
- 14 www.lzh.de/Produkte/ProWatcher-Seam.htm, 2002-03-13
- 15 S-O Roos, Permanova Lasersystem AB, 1999, *Sensorer vid laserbearbetning*,
- 16 W. W Duley, 1998, *Laser Welding*, ISBN 0-471-24679-4
- 17 Physical Acoustics Corporation, *Model 100 Metal Inspector*
- 18 Innerspec Technologies Temate, 2000
- 19 http://oskar.saabauto.com/std/std_ny/sve/w/1.html, 2002-03-20
- 20 VOLVO, 1998-01, *Standard 5605,517*

Bilagor

Bilaga 1 Tabell över svetslängd och kantbredd

Antal	Prototyp	Datum	Svetslängd (mm)			Kantbredd (mm)		Kommentar
			Vänster	Mitt	Höger	Vänster	Höger	
1	KH 102		8	865	11			
2	KH 101	18-jan	9	875	12			
3	KL101	21-jan	8	880	12	3,5	2	Avstånd mellan svetsar-20 resp 29mm
4	KH 103	23-jan	8	875	13	3	2	
5	KL 102	24-jan	10,2	877	12,8	4,4	1	
6	KH 104	25-jan	10	877	13	4,4	2,4	
7	EU 101	29-jan	12	877	13	4	3	
8	KH105	30-jan	12	877	13	4	4	
9	EY 101	1-feb	12	880	13	5	5	
10	KH 106	1-feb	11	872	12	5	5	
11	KL103	5-feb	12	867	8	5	5	(10epp) (20epp) (10epp) Prgmänd
12	KL104	5-feb	13	867	17	4	5	
13	KL 105	6-feb	13,6	870	17,6	5	5	Avstånd mellan svetsar-28 resp 24mm
14	EU 102	7-feb	13	871	17	5	5	Avstånd mellan svetsar-30 resp 25mm
15	EU 110	8-feb	12	872	17	4	5	Avstånd mellan svetsar-28 resp 24mm
16	KL 106	12-feb	16	870	19	4	4	Avstånd mellan svetsar-30 resp 23mm
17	KL 107	13-feb	12	871	14	4	5	Avstånd mellan svetsar-28 resp 27mm
18	EU 120	15-feb	13	876	17	3	4	Avstånd mellan svetsar-24 resp 23mm
19	KH107	15-feb	13	875	15	5	5	Avstånd mellan svetsar-24 resp 26mm
20	KH112	18-feb	13	877	15	4	4	Avstånd mellan svetsar-25 resp 27mm
21	KH108	18-feb	13	877	15	4	4	Avstånd mellan svetsar-24 resp 26mm
22	KH 109	19-feb	12	877	15	4,5	5,5	Avstånd mellan svetsar-25 resp 27mm
23	KH 110	20-feb	13	877	15	5	4	Avstånd mellan svetsar-25 resp 27mm
24	KH 111	21-feb	12	874	14	4	4	
25	KL 108	22-feb						
26	KL 109	26-feb	12	877	14	4	4	
27	KH 113	26-feb	12	877	14	4	5	Vågig klippkant
28	KL 110	27-feb	12	877	15	4	4	Vågig klippkant (mi på mi=5mm)
29	KH 114	1-mar	13	877	14	4	4	Vågig klippkant (mi på mi=5mm)
30	KH 115	1-mar	12	877	14	4	4	Vågig klippkant (mi på mi=5mm)
31	KH 116	4-mar	13	877	14	4,5	4,5	
32	KL 111	4-mar	13	877	14	3	3	Takplåt har troligen flyttats fram
33	KL 112	7-mar	Slut med mätning			5,2	4,6	Bra kurvatur dock
34	KL 113	7-mar				3,3	3,5	Bra kurvatur+passning
35	KH 117	7-mar				3,3	3,4	Bra kurvatur+passning (vä mi lite nedl)
36	KH 119	12-mar				4,5	4,3	
37	KH 120	12-mar				5	5	Flyttade ut svets ngt mot kant
38	KH 121	13-mar						
39	KH 122	13-mar						

Bilaga 2 Tabell över porer

Antal	Prototyp	Datum	Synliga porer		Kommentar	
			Ja	Vart?		
1	KH102				Skall ej kontrolleras.....	
2	KH101	18-jan			Skall ej kontrolleras.....	
3	KL101	21-jan	X		Från vä mi, 50minut, 4st på undersidan	
4	KH103	23-jan				
5	KL102	24-jan	X		1st	
6	KH104	25-jan				
7	EJ101	29-jan				
8	KH105	30-jan				
9	EY101	1-feb	X		2st	
10	KH106	1-feb	X		Flertalet! Sammanlagd l=27mm	Felplacerade rillor
11	KL103	5-feb				
12	KL104	5-feb	X		4st. l=25mm	
13	KL105	6-feb				
14	EJ102	7-feb				
15	EJ110	8-feb				
16	KL106	12-feb				
17	KL107	13-feb				
18	EJ120	15-feb				
19	KH107	15-feb				
20	KH112	18-feb				
21	KH108	18-feb	X		2st l=25mm	Psv-medel (droppe). Plåtarna lågrnkt
22	KH109	19-feb				
23	KH110	20-feb				
24	KH111	21-feb				
25	KL108	22-feb				
26	KL109	26-feb				
27	KH113	26-feb	X		1st vid hö mitt	
28	KL110	27-feb				
29	KH114	1-mar				
30	KH115	1-mar				
31	KH116	4-mar				
32	KL111	4-mar				
33	KL112	7-mar				
34	KL113	7-mar	X		1st vid mi på mi	
35	KH117	7-mar	X		På undersidan vid vä mi, 20minut	
36	KH119	12-mar				
37	KH120	12-mar				
38	KH121	13-mar				
39	KH122	13-mar				

Bilaga 3 Tabell över hål

Antal	Prototyp	Datum	Hål		Kommentar
			Ja	Vart?	
1	KH 102				
2	KH 101	18-jan			
3	KL 101	21-jan			
4	KH 103	23-jan			
5	KL 102	24-jan			
6	KH 104	25-jan			
7	EU 101	29-jan			
8	KH 105	30-jan			
9	EY 101	1-feb	X	"skärning" mitt på mi, l=35mm	
10	KH 106	1-feb	X	vä mi, 235mm inåt	
11	KL 103	5-feb			
12	KL 104	5-feb			
13	KL 105	6-feb			
14	EU 102	7-feb	X	"skärning" ovanför hö gångjärn	Orsak: fastsvetsat sprutskydd
15	EU 110	8-feb			
16	KL 106	12-feb			
17	KL 107	13-feb			
18	EU 120	15-feb			
19	KH 107	15-feb			
20	KH 112	18-feb			
21	KH 108	18-feb			
22	KH 109	19-feb			
23	KH 110	20-feb			
24	KH 111	21-feb			
25	KL 108	22-feb			
26	KL 109	26-feb			
27	KH 113	26-feb			
28	KL 110	27-feb			
29	KH 114	1-mar	X	I ändsvets på vä mi	
30	KH 115	1-mar			
31	KH 116	4-mar			
32	KL 111	4-mar	X	"skärning" vä mi, ca 20mm	
33	KL 112	7-mar			
34	KL 113	7-mar	X	I ändsvets på vä mi	
35	KH 117	7-mar			
36	KH 119	12-mar	X	"skärning" vä mi, ca 20mm	Tätas i måleriet
37	KH 120	12-mar			
38	KH 121	13-mar			
39	KH 122	13-mar			

Bilaga 4 Tabell över släpp

Antal	Prototyp	Datum	Släpp			Kommentar
			Ja	Nej	Vart?	
1	KH102					
2	KH101	18-jan	X		Vä öra	Psmedel under öra
3	KL101	21-jan	X		Vä öra	Psmedel under öra
4	KH103	23-jan	X		Hö mi 50rminåt	Spel ca 1mmfr hö mitt, 75rminåt
5	KL 102	24-jan		X		
6	KH104	25-jan	X		Vä mi, 45rminåt	För stort spel
					Hö mi, 36rminåt	För stort spel
7	EU101	29-jan		X		
8	KH105	30-jan	X		Vä öra	Tridigtvis pga ej tillr nedtryckt
					Vä mi, 31rminåt	Ej tillr genombränning pga stort spel
9	EY101	1-feb	X		Vä mi, 205rminåt	1rmmspel efter svetsring, vä mi 150rminåt
						Sprutskydd av filt, gick ej bra.
10	KH106	1-feb	X		Där rillorna går ner,	Rillorna felplacerade=vågg svets+porer
					pluggsvetsas ej	Sprutskydd av plåt. Ökade trycket till 20epp
						Spel 1-2mmhela plåtlängden (innan svetsning)
11	KL103	5-feb	X		Vä öra	Tridigtvis pga ej tillr nedtryckt
						Hö öra spel 2mm, ej släpp
12	KL104	5-feb	X		Vä öra	Tridigtvis pga ej tillr nedtryckt
						Spel från hö mi och 370rminåt, gick att trycka
13	KL 105	6-feb		X		Spel (litet) hö öra, påverkades ej
14	EU102	7-feb		X		Spel (litet) hö öra, påverkades ej
15	EU110	8-feb		X		Spel (litet) hö öra, påverkades ej
16	KL 106	12-feb		X		Spel (litet) hö öra, påverkades ej
17	KL 107	13-feb	X		Vä öra	Underplåt för mkt nedböjd? Beror på tryckhjul?
18	EU120	15-feb		X		Vä underplåt mer nedböjd. Kan ej trycka ihop fi
						Spel hö öra+hö mi pga överplåt, påverkades ej
19	KH107	15-feb		X		Spel hö öra+hö mi pga överplåt, påverkades ej
20	KH112	18-feb	X		Vä öra	Stort spel vä öra innan svetsn.
21	KH108	18-feb		X		
22	KH109	19-feb	X		Vä öra	Spel vä öra 1,4mm, spel hö öra 2,3mm innan s
23	KH110	20-feb	X		Vä öra	Spel vä öra innan svetsning
24	KH111	21-feb		X		På gränsen till otillräcklig svets vä öra
25	KL 108	22-feb		X		
26	KL 109	26-feb		X		
27	KH113	26-feb		X		Stort spel (3mm) hö mitt+hö öra. Bände upp ur
28	KL 110	27-feb		X		Litet spel mi på mi
29	KH114	1-mar		X		Bra passning
30	KH115	1-mar		X		Spel hö öra+hö mi fram till rilla
31	KH116	4-mar		X		Spel hö öra+hö mi fram till rilla

Bilaga 5 Tabell över sprutskydd

Antal	Prototyp	Datum	Sprutskydd		Kommentar
			Ja	Nej	
1	KH 102			X	
2	KH 101	18-jan		X	
3	KL 101	21-jan		X	
4	KH 103	23-jan			
5	KL 102	24-jan	X		Oja
6	KH 104	25-jan			
7	EU 101	29-jan			
8	KH 105	30-jan			
9	EY 101	1-feb	X		Filt. Ej bra-brann
10	KH 106	1-feb	X		Sprutskydd, plåt.
11	KL 103	5-feb			
12	KL 104	5-feb		X	
13	KL 105	6-feb	X		Sprutskydd, plåt.
14	EU 102	7-feb	X		Sprutskydd, plåt. Fastsvetsat
15	EU 110	8-feb	X		Sprutskydd, plåt.
16	KL 106	12-feb		X	
17	KL 107	13-feb		X	
18	EU 120	15-feb		X	Klippkant mindre, mindre påverkan på underplåt
19	KH 107	15-feb		X	
20	KH 112	18-feb		X	
21	KH 108	18-feb		X	
22	KH 109	19-feb		X	
23	KH 110	20-feb		X	
24	KH 111	21-feb		X	
25	KL 108	22-feb		X	
26	KL 109	26-feb		X	
27	KH 113	26-feb		X	
28	KL 110	27-feb		X	
29	KH 114	1-mar		X	
30	KH 115	1-mar		X	
31	KH 116	4-mar		X	
32	KL 111	4-mar		X	
33	KL 112	7-mar		X	
34	KL 113	7-mar		X	Liten påverkan av svets-sprut pga den mindre klippkanten
35	KH 117	7-mar		X	
36	KH 119	12-mar		X	
37	KH 120	12-mar		X	
38	KH 121	13-mar		X	
39	KH 122	13-mar		X	

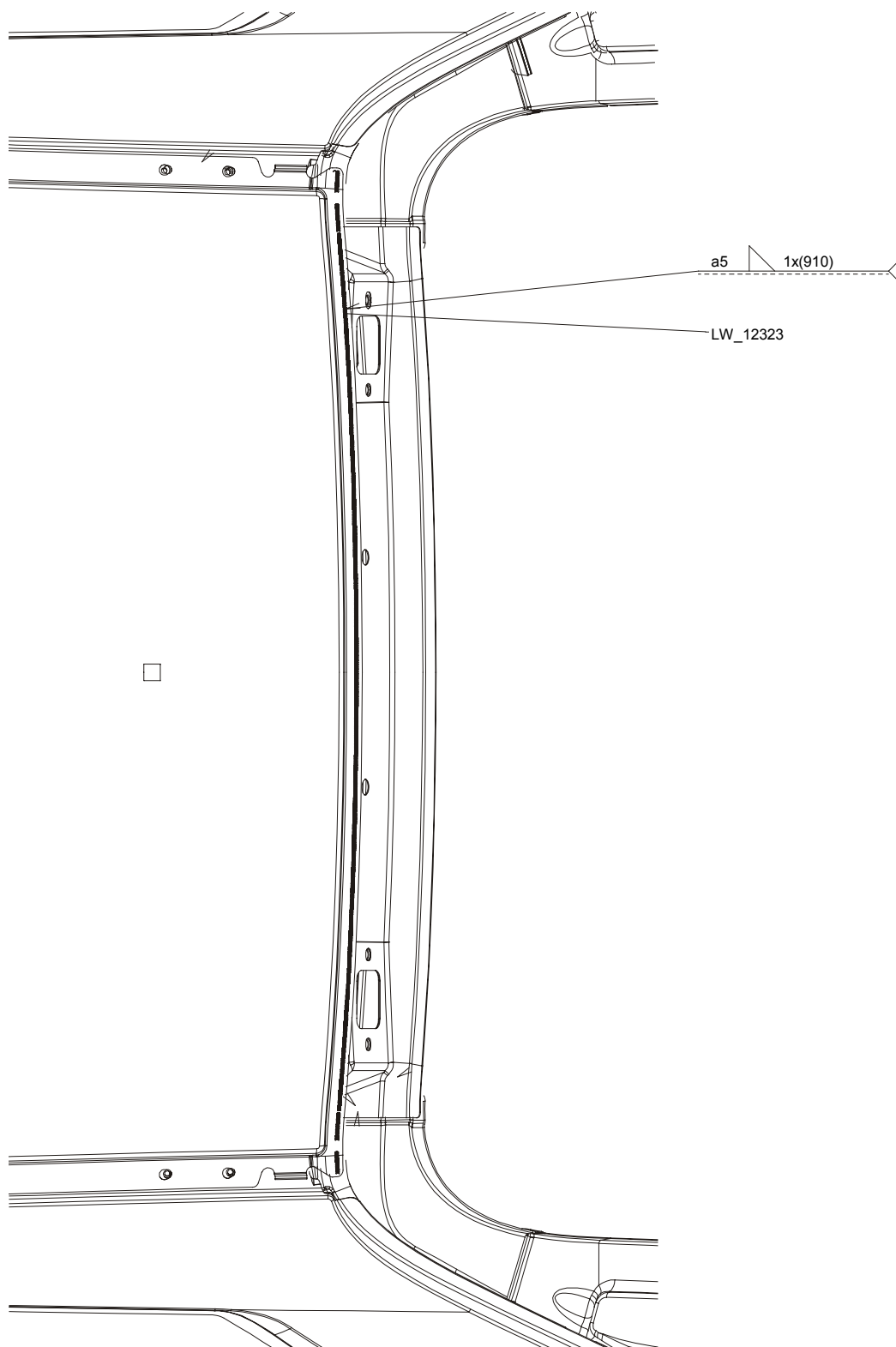
Bilaga 6 4-punkts resistansmätare



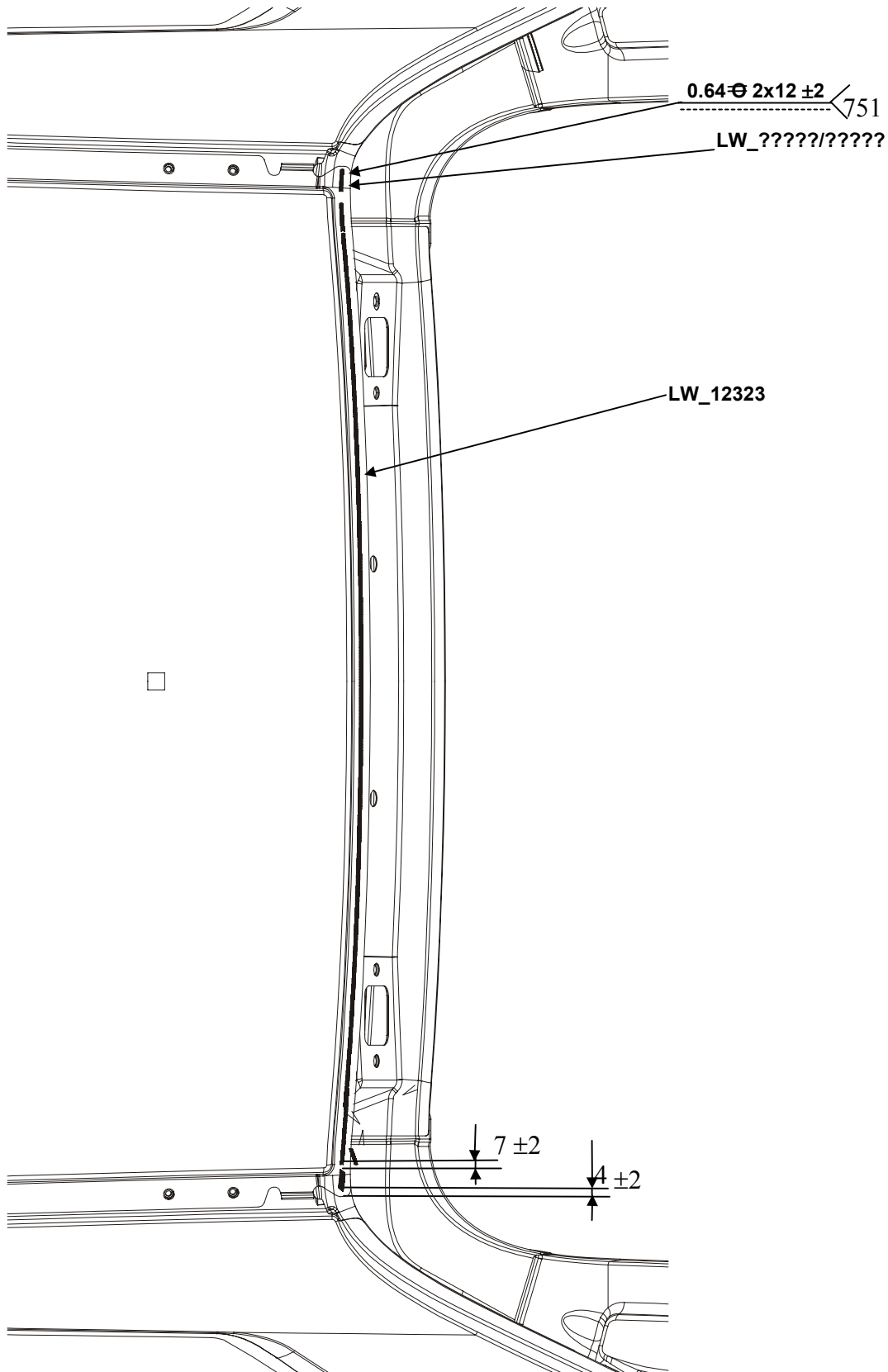
T.v Ny mätare

T.h. Gammal mätare

Bilaga 7 Gammal ritning på lasersvets

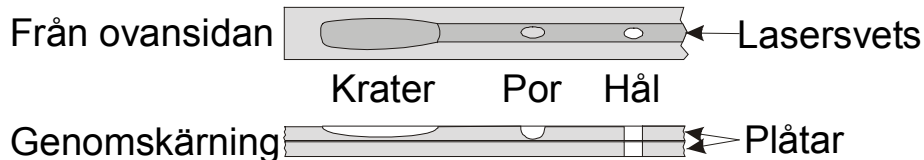


Bilaga 8 Förslag till nya ritningsmått



**Generell kontrollinstruktion för karossammanbyggnad****Bilaga 9 Ny KI****Lasersvetsning****Okulärkontroll av lasersvets****Kriterium för godkännande:**Okulär kontroll av porer, hål och start- och ändkratrar:

- Enstaka porer tillåts, dock max 4 porer per 60 mm svets.
- Enstaka hål tillåts, dock max 4 hål per 1000 mm svets.
- Start och ändkratrar tillåts upp till 2 mm från svetsens start/slut.

Okulär kontroll av skärning:

- Ej genomgående skärning (genom en av plåtarna) tillåts upp till en längd av 40 mm.
- Genomgående skärning (genom båda plåtarna) tillåts upp till en längd av 10 mm

Okulär kontroll av svetsprut:

- Bedömning enl. generell KI-NR: TMKD-IN-S024.

Okulär kontroll av placering och längd:

- Lasersvetsens placering och längd överensstämmer med PD.

Åtgärd vid fel:**Se Handlingsplan vid fel på produkt (PK-RU-4.2.1).**

REFERENSER	ÄNDRINGS-NR	DATUM	PROCESSDATA KAROSS
Godkänd: TMKQ: Utfärdare: TMKQA Tel. 78007 2002-05-13 Utg. 1,1			KI-NR:TMKQA-01-031 SIDA 2

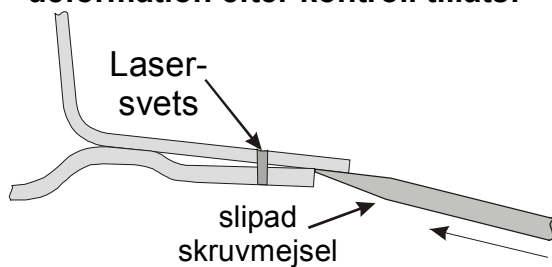
**Generell kontrollinstruktion för karossammanbyggnad****Oförstörande hållfasthetskontroll av lasersvets med slipad skruvmejsel**

Oförstörande hållfasthetsprovning av svets utförs genom att knacka in en slipad skruvmejsel mellan plåtarna enligt bild nedan. Kontrollera okulärt att plåtarna sitter ihop.

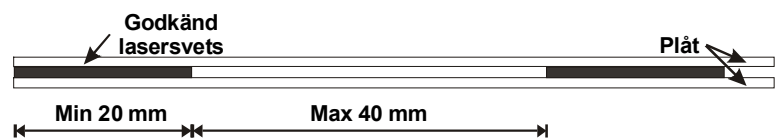
Kontroll skall utföras 10 mm från svetsens start/slut och resten av svetsen kontrolleras minst var 60:e mm.

Efter kontrollen skall plåtarna återställas till ursprunglig form.

OBS! Ingen kvarstående deformation efter kontroll tillåts!



Riktlinjer för bedömning av längd godkänd lasersvets och mellanrum mellan godkända lasersvetsar.

**Kriterium för godkännande:**Oförstörande hållfasthetsprovning av lasersvets:

- Minsta tillåtna längd för godkänd lasersvets 20 mm.
- Största tillåtna mellanrum mellan godkända lasersvetsar (svets släpp) 40 mm.

Åtgärd vid fel:

Se **Handlingsplan vid fel på produkt (PK-RU-4.2.1)**.

REFERENSER	ÄNDRINGS-NR	DATUM	PROCESSDATA KAROSS
Godkänd: TMKQ: Utfärdare: TMKQA Tel. 78007 2002-05-13 Utg. 1,1			KI-NR:TMKQA-01-031 SIDA 2



Generell kontrollinstruktion för karossammanbyggnad

Bilaga 10 Gammal KI

Lasersvetsning

Okulärkontroll av lasersvets

Okulär kontroll av att lasersvetsen med avseende på:
sprickor, porer, start- och ändkratrar, svetsstrut samt placering och längd.

Kriterium för godkännande:

Okulär kontroll av sprickor:

- Sprickor tillåts ej.

Okulär kontroll av porer:

- Enstaka porer tillåts, dock max 4 porer per 1000 mm svets.

Okulär kontroll av start- och ändkratrar:

- Start och ändkratrar tillåts upp till 2 mm från svetsens start/slut.

Okulär kontroll av svetsstrut:

- Bedömning enl. generell KI-NR: TMKD-IN-S024.

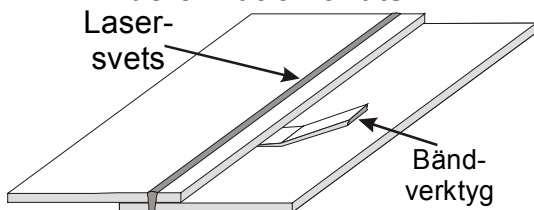
Okulär kontroll av placering och längd:

- Lasersvetsens placering och längd överensstämmer med PD.

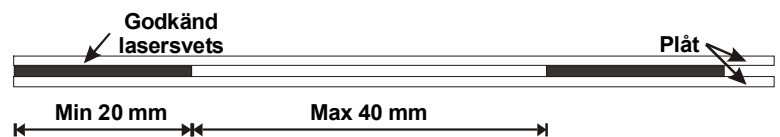
Oförstörande hållfasthetskontroll av lasersvets

Oförstörande hållfasthetsprovning av svets utförs genom att trycka in ett bändverktyg mellan plåtarna enligt bild nedan. Kontrollera att plåtarna sitter ihop genom att försiktigt bända med verktyget.

OBS! Ingen kvarstående deformation tillåts!



**Riktlinjer för bedömning av
längd godkänd lasersvets och
mellanrum mellan godkända lasersvetsar.**



Kriterium för godkännande:

Oförstörande hållfasthetsprovning av lasersvets:

- Minsta tillåtna längd för godkänd lasersvets 20 mm.
- Största tillåtna mellanrum mellan godkända lasersvetsar 40 mm.

Åtgärd vid fel:

Se **Handlingsplan vid fel på produkt (PK-RU-4.2.1)**.

REFERENSER	ÄNDRINGS-NR	DATUM	PROCESSDATA KAROSS
Godkänd: TMKQ: Utfärdare: TMKQA Tel. 78007 2002-05-13 Utg. 1			KI-NR:TMKQA-01-031 SIDA 1(1)

Lasersvets - Feltyper

Feltyp	Felorsak	Feleffekt	Kontrollmetod för att upptäcka feltypen	Korrigerande åtgärd till felorsaken	Reparationsmetod
1. Släpp		Sämre hållfasthet Korrosionsfel ¹	Okulärkontroll 4p-mätare Mejsel Processövervakning	Processövervakning	Pluggsvetsning vid det som bedöms som fel enl. KI-NR: TMKQA-01-031
1.1	För stort spel mellan plåtarna.	För smal svets el släpp		Minska spelet gm att öka trycket på hjulet el. korrigera passning	
1.2	Underplåt nedböjd	Övre plåt kan ej följa=spel		Korrigera passning	
1.3	Dålig passning av plåtarna i -x-led	Svetsen hamnar fel på plåt=stort spel		Måttmätning Korrigera plåtpassning Lägesjustering av svets	
1.4	Dålig passning av plåtarna i +x-led	Svetsen hamnar endast på takplåten		Måttmätning Korrigera plåtpassning	
1.5	Lägesfel på takbalk	Svetsen hamnar fel		Måttmätning Lägesjustering av takbalk Lägesjustering av svets	
1.6	Ej tillräcklig lasereffekt	Ej tillräcklig genombränning av svets		Öka lasereffekten Effektmätare	
1.7	Fel svetshastighet	Ej tillräcklig genombränning av svets. För mkt hål och porer		Ändra svetshastighet	
1.8	För högt tryck på hjul	Plåtarna böjs=blir spel		Korrigera tryck på hjul Byt Epp el cylinder.	
1.9	Psv-medel mellan plåtar	Ej tillräcklig		Ta bort psv-medel	

Bilaga 11 Matris över feltyper på lasersvets

¹ Blir korrosionsfel om t.ex. porer, hål, spel etc inte tätas.

Lasersvets - Feltyper

		genombränning av svets.			
Feltyp	Felorsak	Feleffekt	Kontrollmetod för att upptäcka feltypen	Korrigerande åtgärd till felorsaken	Reparationsmetod
2. Porer	För liten spalt, zinkgas försvinner ej. För hög svetshastighet För lite/mkt skyddsgas Crossjet felriktad	Sämre hållfasthet Korrosionsfel Otillräcklig ED-täckning	Okulärkontroll Mejsel Förstörande prov Processövervakning	Korrigera passning Ändra tryck på hjul Sänk svetshastighet Ändra mängd av skyddsgas Ändra crossjets riktning	Enl. KI-NR: TMKQA-01-031
3. Hål	För liten spalt, zinkgas försvinner ej För hög svetshastighet	Sämre hållfasthet Korrosionsfel	Okulärkontroll Mejsel Processövervakning	Korrigera passning Sänk svetshastighet	
4. Svetssprut, allmänt	Zinkexplosioner p.g.a. för liten spalt	Extra arbetsmoment om slipning Korrosionsfel Sämre ytfinish Nedsmutsning av skyddsglas	Okulärkontroll Processövervakning	Korrigera passning	Montera sprutskydd Slipa/borsta bort svetssprut Olja in skalytor Avtäckning på färdig bil
4.1 På ovansida plåt	Fel riktning på laserstråle	Extra arbetsmoment om slipning Korrosionsfel Sämre ytfinish Nedsmutsning av skyddsglas		Korrigera passning Ändra riktning på crossjet	
4.2 På undersida plåt	Zinkexplosioner p.g.a. för liten spalt	Bränner bort zink på plåtar under svets Nedsmutsning av skyddsglas Sämre ytfinish		Korrigera laserstrålens riktning	

Lasersvets - Feltyper

Feltyp	Felorsak	Feleffekt	Kontrollmetod för att upptäcka feltypen	Korrigerande åtgärd till felorsaken	Reparationsmetod
5. Bred svets	Felaktig fokuseringspunkt p.g.a. t.ex. nedsmutsat skyddsglas, felaktigt programmerad	Sämlre hållfasthet p.g.a. ej tillräcklig genombränning	Okulärkontroll Måttmätning Skyddsglasdetektor Processövervakning	Ny fokuseringspunkt Byte av skyddsglas i optik	Pluggsvetsning vid det som bedöms som fel enl. KI-NR: TMKQA-01-031
6. "Mörk svets"	För hög lasereffekt För låg svetshastighet Felaktigt flöde av skyddsgas	Svetsen syns genom lackad yta	Okulärkontroll Processövervakning	Sänk lasereffekt Höj svetshastighet Ändra skyddsglasflöde Positionering av skyddsgas Rensa skyddsgasrör	Slipa/borsta
7. Start/ändkratrar	För hög effekttökning i start För snabb effektsänkning i slut	Kan bildas genomgående hål Korrosionsfel Utmattningsfel	Okulärkontroll Processövervakning	Rampning av lasereffekt	Tätning i Måleriet