



Detektering av svetsdefekter– delresultat från PROFS

Pia Borg

pia.borg@swerim.se

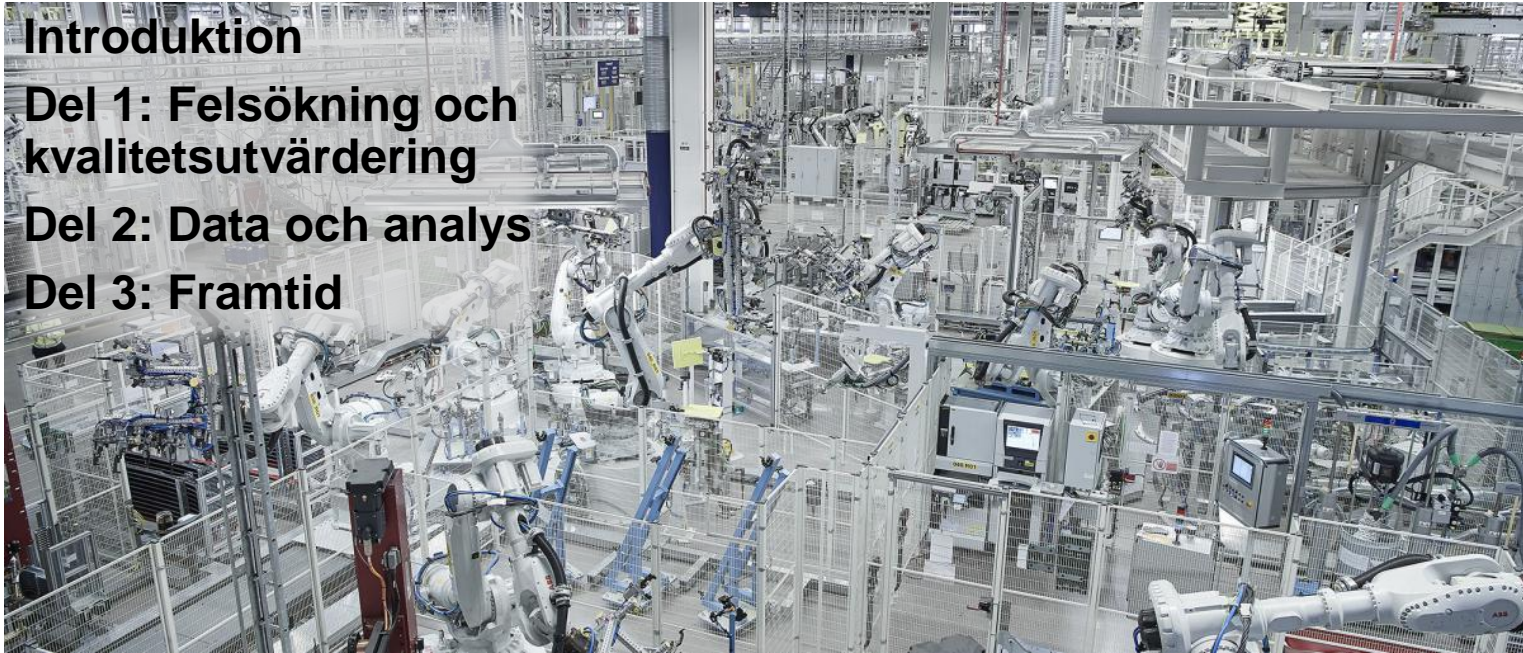
Innehåll

Introduktion

Del 1: Felsökning och kvalitetsutvärdering

Del 2: Data och analys

Del 3: Framtid



PROFS

Ny metod för att utvärdera svetsbarhet och robusthet för punktsvetsförband

- Förstudien PROFS – klart juli 2021
- Mål: förbättrad metod för att utvärdera svetsbarheten av punktsvetsförband, för att överbrygga skillnaderna mellan labbmiljö och verklig produktion. Vilka faktorer, process-, utrustnings- och materialrelaterade, har störst påverkan på svetsprocessens robusthet i produktion?
- Resultat: Produktionslika fel gav störningar i svetsprocessen, men modern adaptiv styrning kompenserar till stor del. Sprut minimeras, men total cykeltid förlängs ofta. I PROFS utvecklades ett arbetssätt där produktionsdata analyseras i mjukvara (JMP) för flerfaktoranalys för att hitta trender och avvikande resultat, vilket har varit framgångsrikt i sökandet av olika orsaker till produktionsstörningar.
- Presentationen är baserad på projektet, med tillägg.



SVETSRADET AB

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation



Punktsvetsning - RSW

Motståndssvetsning (RSW) är den vanligaste fogningsmetoden inom fordonsindustrin.

- Scania CV:
ca 350 hytter per dag,
över 1 miljon punktsvetsar/dag
- Volvo Cars:
ca 1250 bilar per dag,
över 6 miljoner punktsvetsar/dag
- Punktens tillväxt styrs av

$$Q = \int R(t) I^2(t) dt$$

där resistansen R förändras med värmeutvecklingen och strömmen I inte är konstant

"Innan jag började jobba med punktsvets tänkte jag att det är en "gammeldags" och simpel metod som används för att det är billigt och enkelt. Men egentligen finns det nog ingen annan svetsmetod som fullt ut kan svetsa genom lim eller med gott resultat svetsa i hårdat stål och där till utan efterbehandling lämna en finish som kan lackas direkt med gott resultat på synliga ytor." – Mattias Olsson, Ansvarig processtekniker, Scania



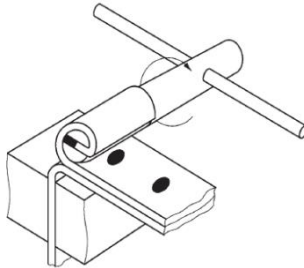
Del 1: Felsökning och kvalitetsutvärdering

Kvalitetsutvärdering idag

Många svetsade punkter =>
Kvalitetsutvärdering viktig!

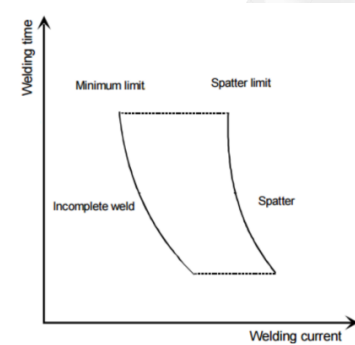
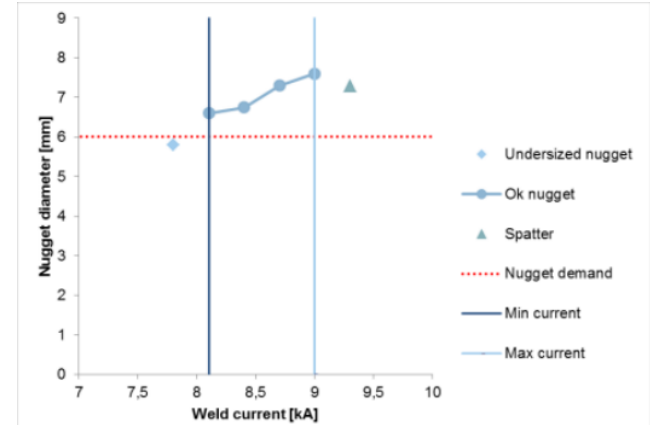
I dag: mot punktstorlek

- Ex $d = 3,5\sqrt{t}$ eller $d = 5\sqrt{t}$
där t är tunnaste plåten
- Mäts med UT
- Mäts med fläkprov
- Sprutfritt önskas



Därför förbyggande arbete i labb

- Lober, ger svetsfönster (godkänt strömintervall)
- Konstant ström

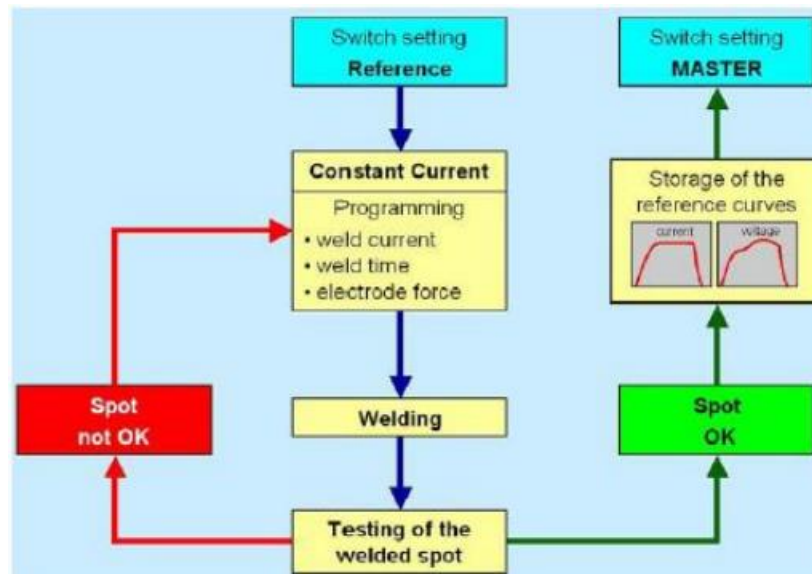


Adaptiva styrsystem

Adaptiva system:

- Svetsströmmen och -tiden jämförs med en referenskurva alternativt gränsvärden
- Referenskurvan: I, U, R relaterat till tid.
- Märker systemet att punkten ser ut att bli för liten ökas strömmen eller förlängs tiden.
- Märker systemet av sprut kompenseras även detta.

Detta gör att “svetsfönster” från en svetslob blir en mindre viktig styrparameter!



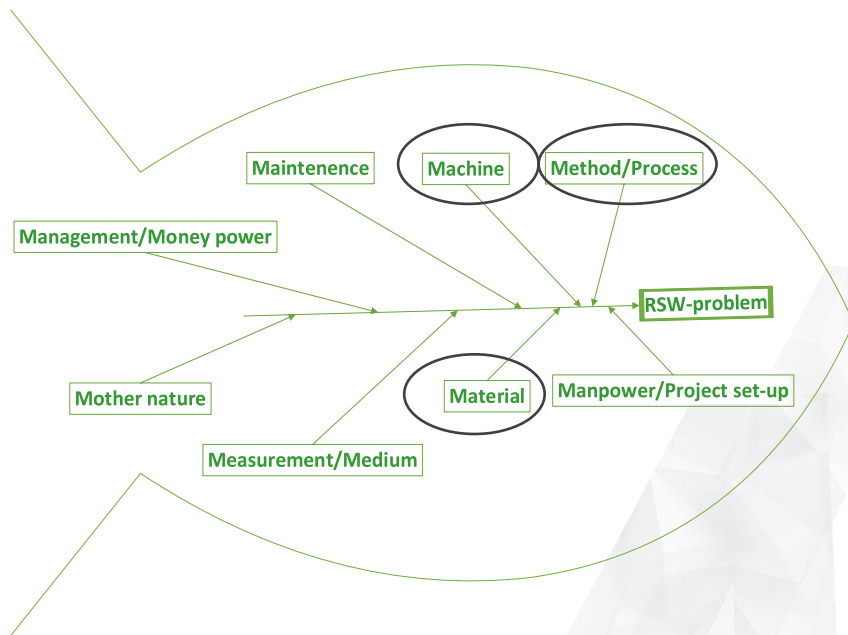
RSW - felorsaker

Projektet ville utvärdera vilka faktorer som har störst påverkan på svetsprocessens robusthet i produktion.

”RSW-problem”: Det man ser i kvalitetsutvärderingar:

- utebliven svets
- för liten lins
- sprut

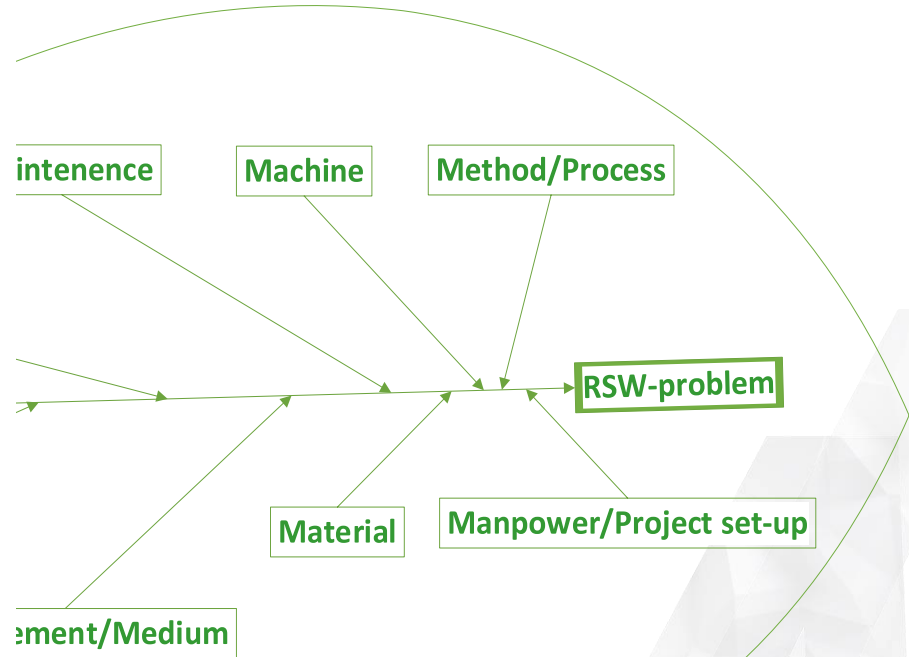
I labbförsök: fokus på material och processparametrar



Primära orsaker

De primära orsakerna är relaterade till

- Processparametrar - Method
- Maskinens kapacitet - Machine
- Materialen - Material
- Projektspecifika detaljer - Manpower



Metod/process

Parameterinställningar i svetsvakten:

För låg/hög ström

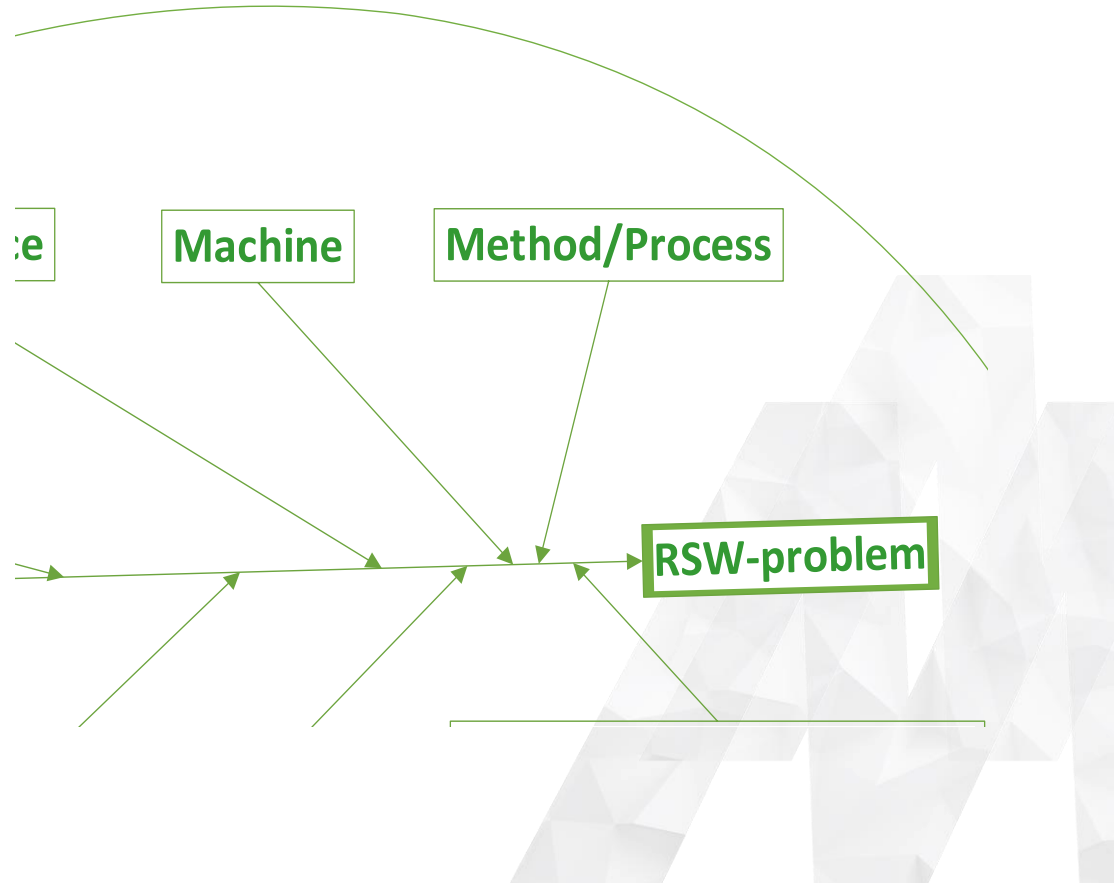
För låg/hög kraft

För kort/lång svetstid

Fel klämtid/hålltid/paustid

Fel pulsschema

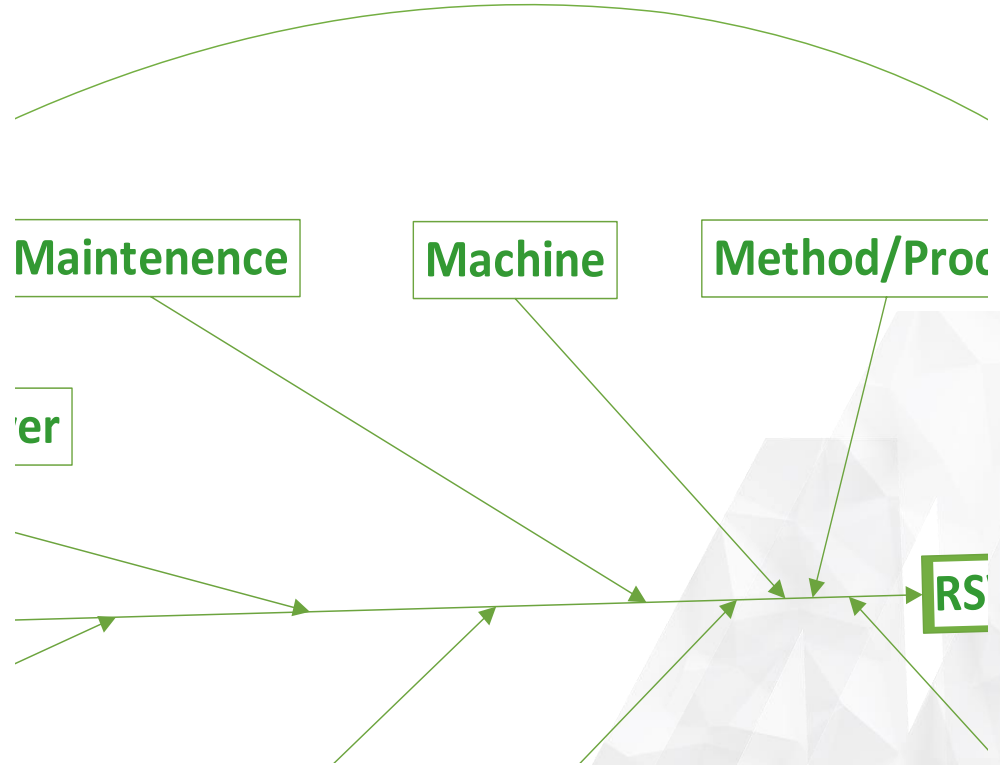
Felaktiga larmnivåer



Machine

Utrustningsval mm:

- Fel transformator
- Fel kablar
- Fel elektrodhättor
- Fel vid formering
- Dålig mekaniks/elektrisk kontakt
- Felaktig tång-equalizing
- Otillräcklig kylning
- Fel/utebliven kalibrering
- Robotprogrammering, t ex bana



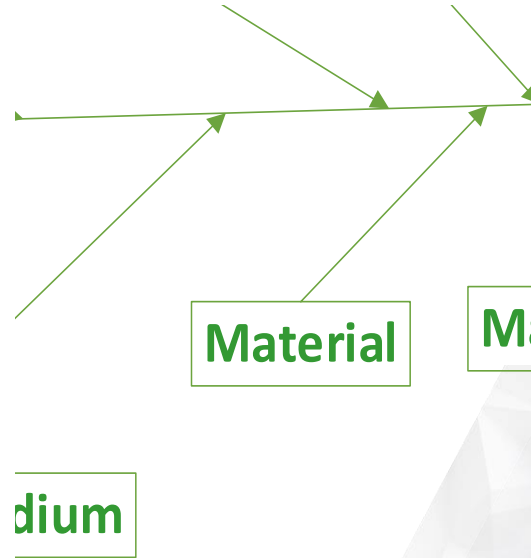
Material

Materialsort

Tjocklekar

Ytbeläggningar

Ytans struktur



Manpower (project set-up)

Projektrelaterade fel:

Elektrodslitage

Fellinjerade elektroder

Dålig passning

Dålig åtkomlighet

Shunting/strömövergång hos tång el arbetsstycke

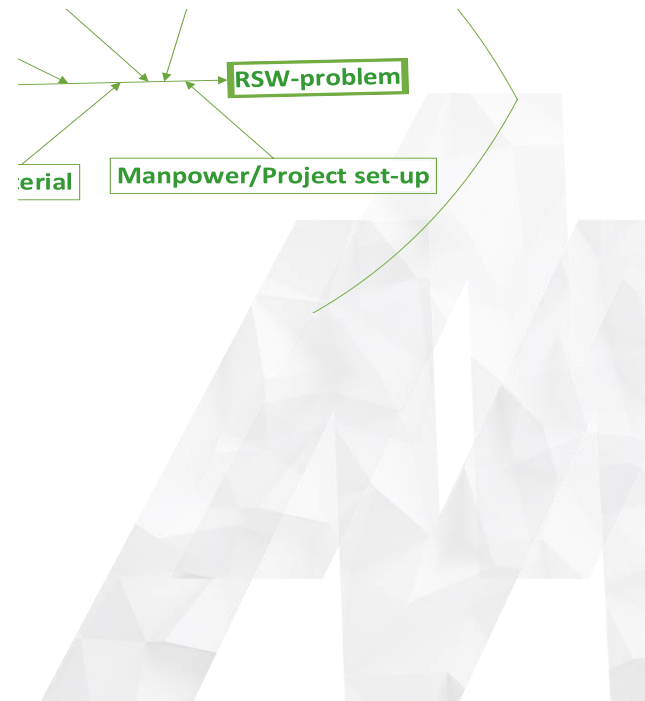
För små flänsar

Felaktigt placerade svetsar

Fellevererade el skadade delar alt. material

Felaktiga testprocedurer i labb eller produktion

Robotprogrammering; re-weld, tip dress etc

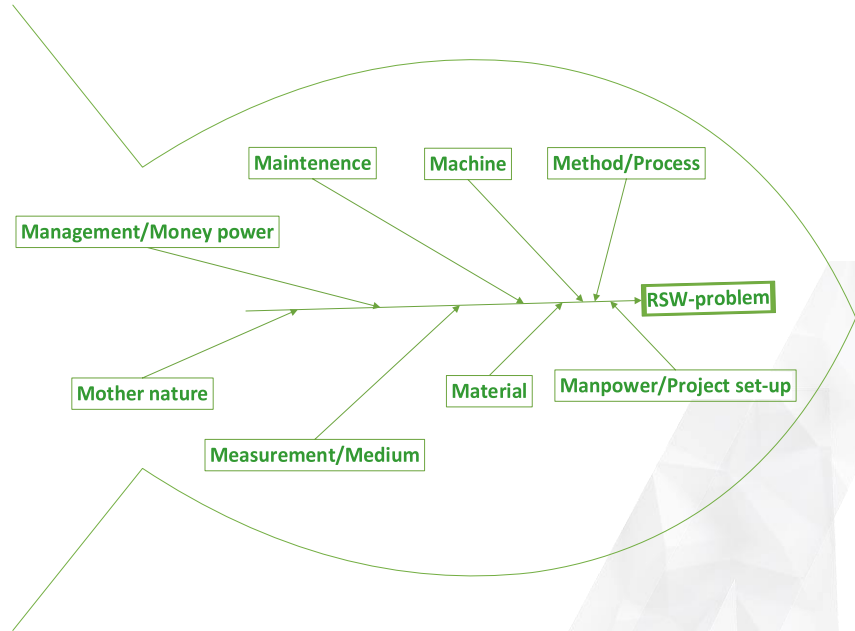


RSW – möjliga fel

Felorsakerna kan vara många.

Hur kan man få en överblick av detta?

Minns:
miljontals punkter varje dag.



Del 2: Data och analys

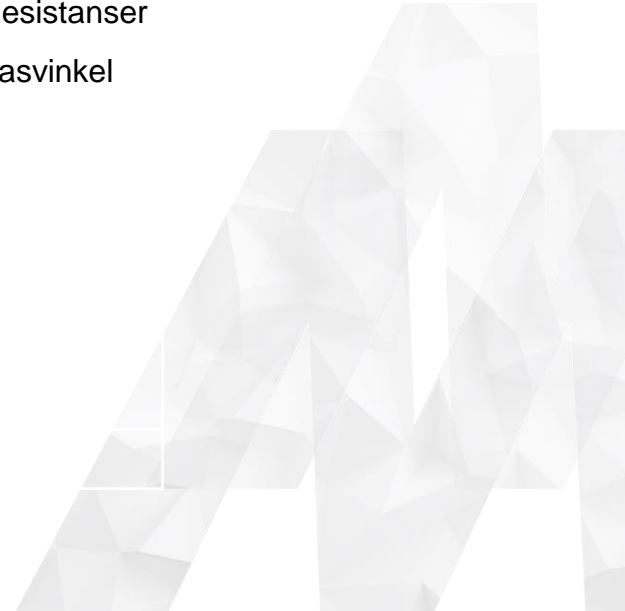
Data från systemen

- Från svetsvakt:

Punktnummer	Robot	Tång	Datum/tid
Svetstid	Ström	Spänng	Resistanser
Sprut	Värde Adaptivitet	Tid sedan formering	Fasvinkel

- Från labb och kvalitetsavdelning:

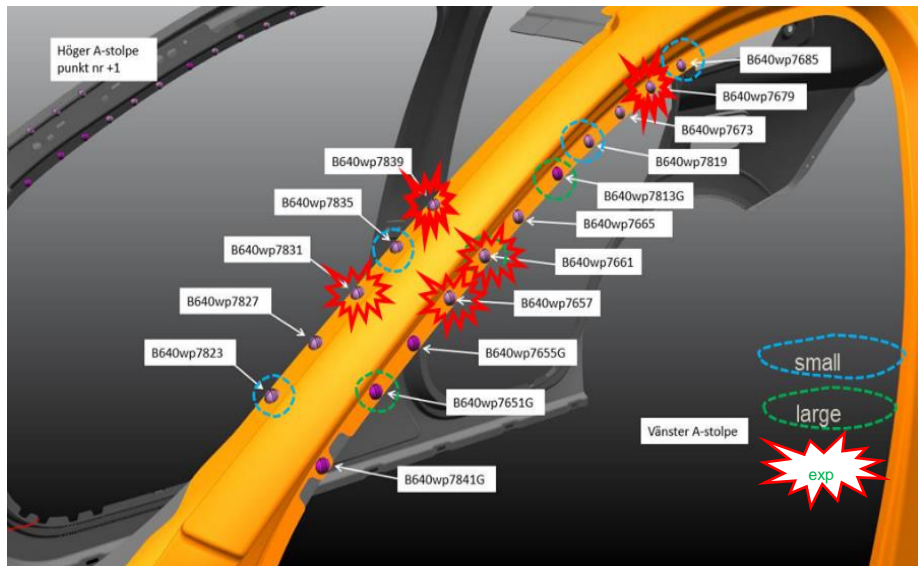
Data från UT	Data från tear-down, dvs fläkprov
Punktsvetsordning	
Program eller referenskurvor	



Steg 1 Detalj 1

- En detalj (höger och vänster) => analysera på djupet varför
 - det varierar mellan olika punkter i produktion
 - det skiljer sig från resultaten från labbtesterna.
- Flera olika uppsättningar av referenskurvor användes, där det förväntades en unik.
- Vissa punkter hade olika referenskurvor på höger och vänster, trots samma förutsättningar
- Punkterna blev relativt olika i storlek (alla OK).
- Trolig orsak: olika robotstationer med olika personal med självständiga arbetsuppgifter.
- Lärdom: Mängden data är svårhanterad. Strukturera stora datamängder tidigt.

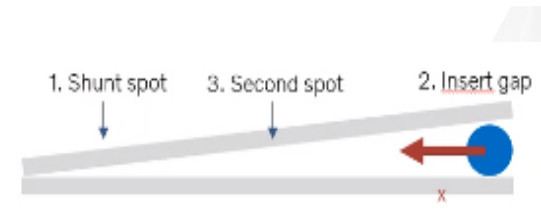
Alla punkter godkända
i produktion!



Steg 2 Forcerade produktionsstörningar

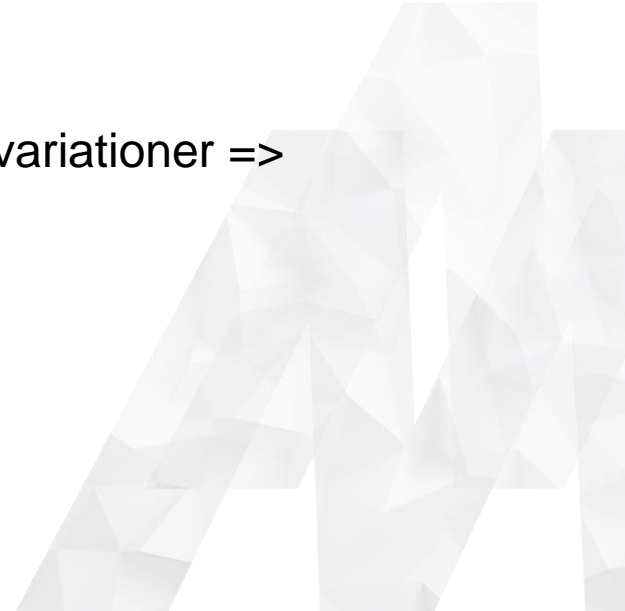
Av alla möjliga felorsaker valdes 3:

- Kantnära
- Spalt
- Varierande avstånd
- 2 materialkombinationer: lätt/svår
- Referenskurvor från produktion
- Resultat: adaptiviteten kompenserade väl för dessa fel, med viss ökning av tid
- Lärdom: valde vi rätt provokationer?



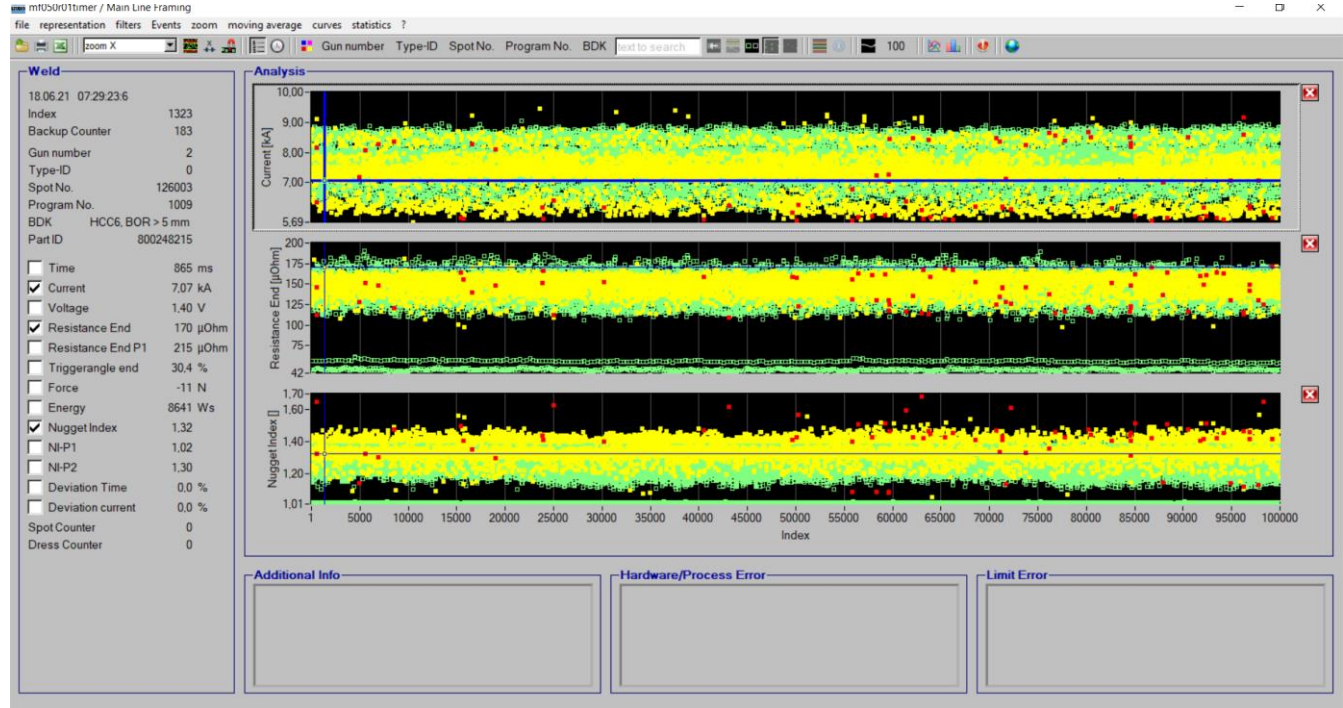
Väg framåt

- Konventionell metod:
Identifiera svetsfel => återskapa => utvärdera data
- Dataintensiv metod:
Utvärdera data först utan restriktioner => identifiera variationer =>
undersök om svetsfel => identifiera orsaker



Steg 3 Detalj 2

En station med
3 robotar. Varje
robot har en
inverter -> data
från 100 000
svetspunkter



Förstå data

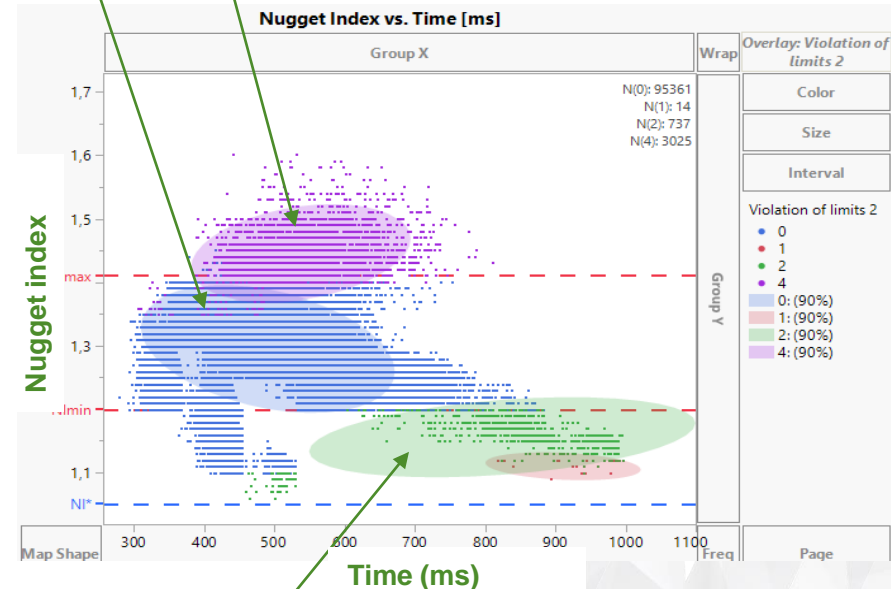
För att förstå den enorma mängden data plottades svetsvaktens signaler från svetsvakten, med Nugget Index (kvalitetsmått) på y-axeln och svetstiden på x-axeln.

- Blått: OK. 99,8% av alla punkter i denna robot!
- Gränser: röda streckade linjer, $NI_{\min}=1,2$ och $NI_{\max}=1,41$ satta av processtekniker (ansvarig). $NI^*=1,05$ absolut minimum

- Resultat: alla 3 robotar “bra”.

90% av alla “OK”

90% av alla “hög NI”

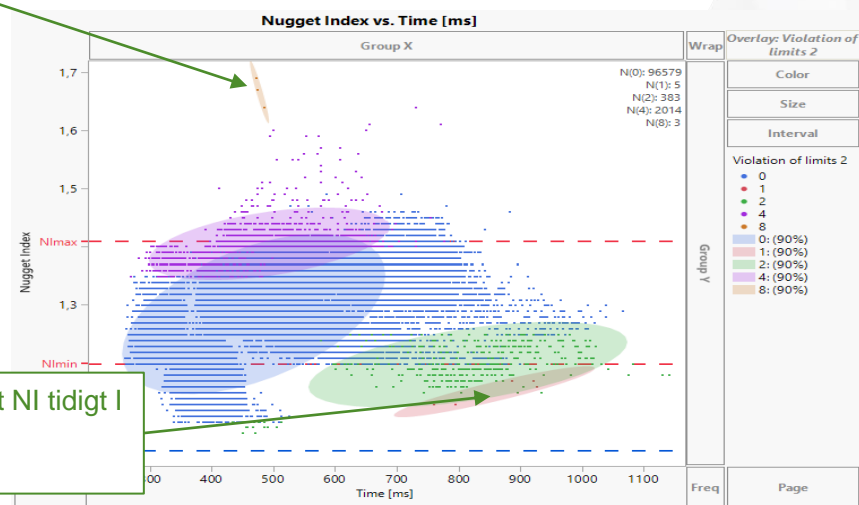
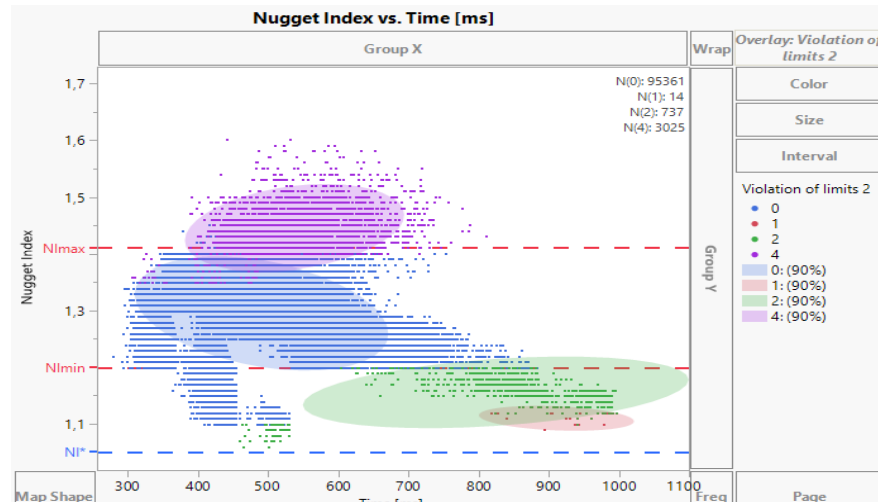
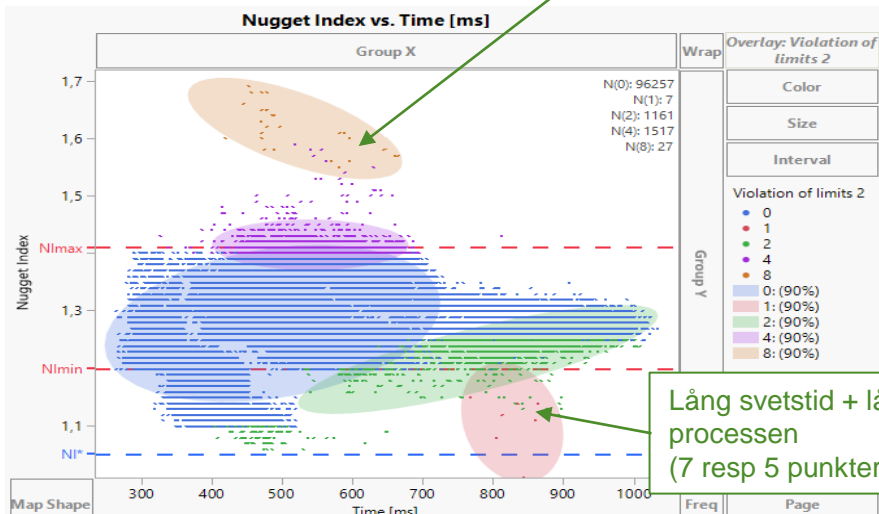


90% av alla “lång svetstid”

Förstå data

Robot 06 uppe TH
Robot01 nere TV
Robot02 nere TV

Mycket högt NI + lågt NI
tidigt i processen
(27 resp 3 punkter)



Lång svetstid + lågt NI tidigt i
processen
(7 resp 5 punkter)



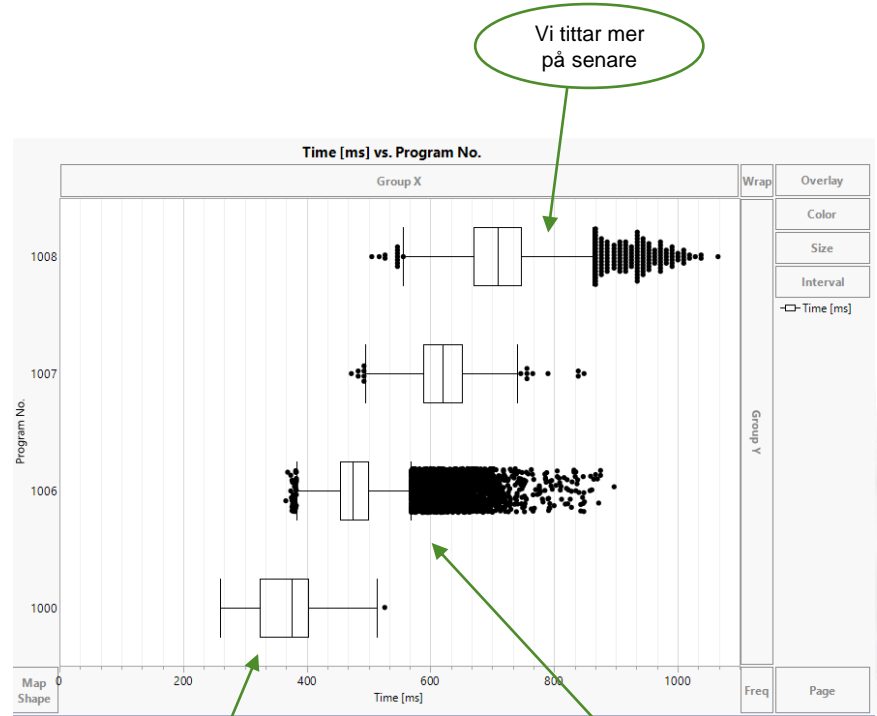
Exempel gränsvärde

Violation limit 2/ No. welds with code	0 = no warning		1 = long weld time and low NI in NI1		2 = long weld time		4 = high NI		8 = very high NI, low NI in NI1		Total no welds	Expulsion
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%		
Robot06	95361	99.80%	14	0.00%	737	0.20%	3025	0.01%	0	0.00%	99137	381
Robot01	96257	97.3%	7	0.01%	1161	1.2%	1517	1.5%	27	0.03%	98969	58
Robot02	96579	97.6%	5	0.01%	383	0.4%	2014	2.0%	3	0.00%	98984	527
Total	288197	97,0%	26		2281	0,77%	6556	2,2%	30		297090	

Exempel svetstid

Program	Sheet combination	No of welds	Mean weld time	comment
	<i>R02</i>		(ms)	
1000	t < 3 mm	27,398	380+/-30	Clean
1006	UHSS, t > 3 mm	60,953	460+/-20	Narrow, outliers 5,2 %
1007	UHSS-UHSS	4,191	610+/-25	
1008	BOR < 5 mm	5,915	510+/-35	Wide, outliers

I låddiagrammet är 50% av punkterna inom lådan.
 Klamrar/morrhår 25% resp 75%.
 Strecket i lådan är medianen.



X-jobb

Obs! Olika typer av förband. Alla över 3 mm

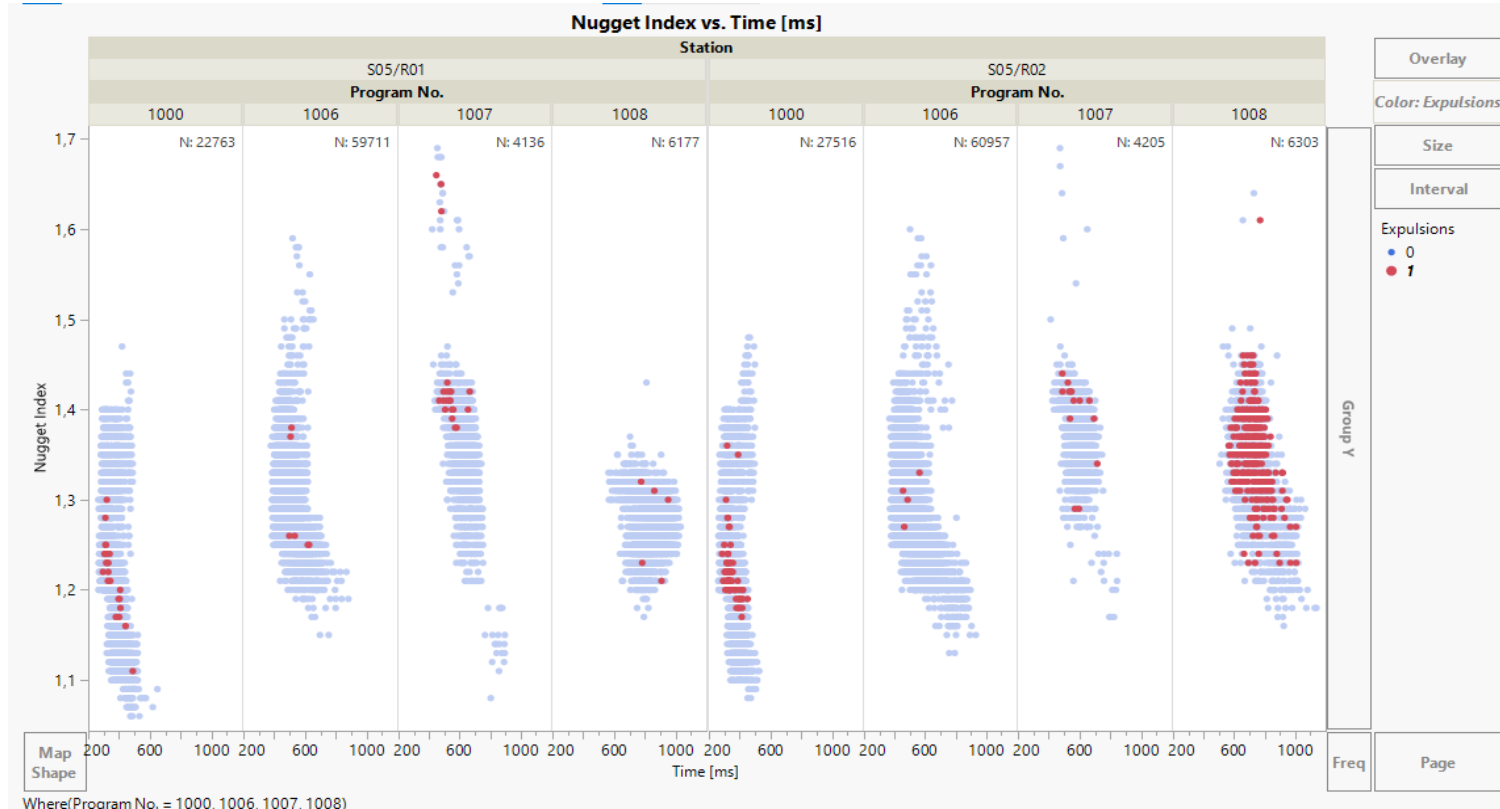
Sprut i robot 01 och 02 - tabell

Minimalt med sprut.

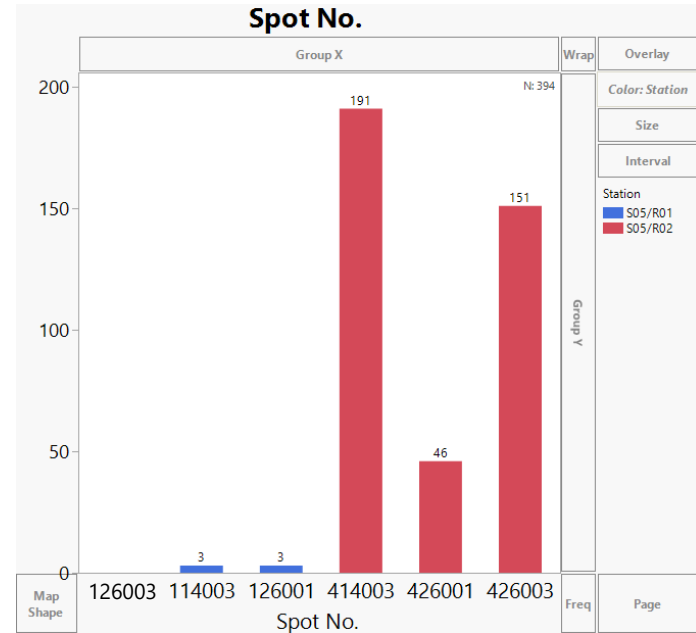
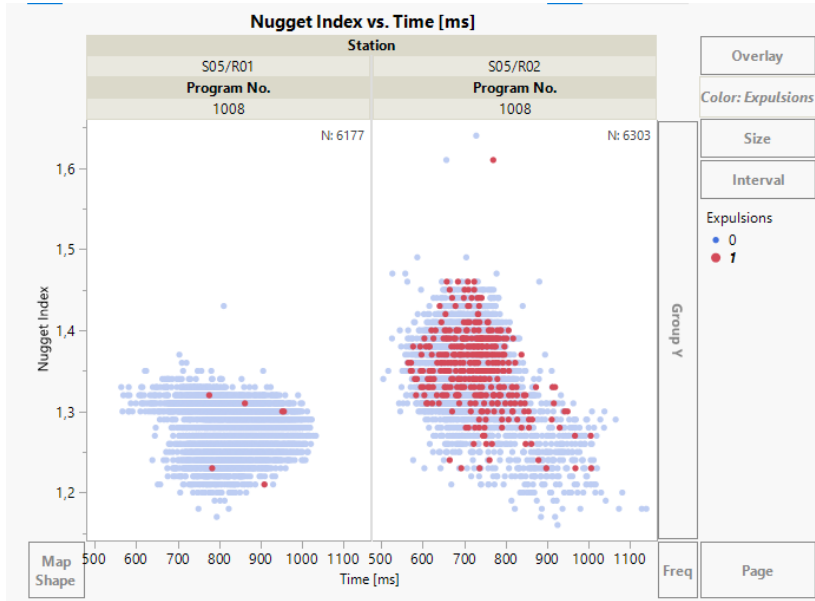
- Program 1006, används mest:
0,01% sprut
- Program 1008: 6,7% sprut

Program	Sheet combination	No f welds	No of spatter	% spatter
	<i>R01</i>			
1000	t < 3 mm	22 739	24	0,11%
1004	t > 3 mm	6 181	0	0%
1006	UHSS, t > 3 mm	59 705	6	0,01%
1007	UHSS-UHSS	4 115	21	0,51%
1008	BOR < 5 mm	6 171	6	0,10%
	<i>R02</i>			
1000	t < 3 mm	27 398	118	0,43%
1006	UHSS, t > 3 mm	60 953	4	0,01%
1007	UHSS-UHSS	4 191	14	0,33%
1008	BOR < 5 mm	5 915	388	6,56%

Sprut i robot 01 och 02

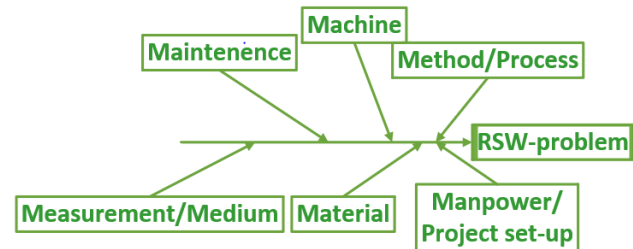


Identifera punkter



Sammanfattning

- Adaptiva styrsystem behöver nya beredningsprocesser, för att binda ihop labb och produktion.
Labb: Fokus på process och material;
I produktion: Machine, Method (Process), Material, Manpower
- Nya statistisk analys, tack vare mer data ur utrustningen, identifierar problem snabbare
- Kompletterar UT och fläkprover i kvalitetsutvärdering



Framtiden?

Framtiden?



PROFS II

I närtid:

- Automatiserad dataanalys och processövervakning för identifiering av kvalitetsvariationer i realtid
- Skapa metodik för effektiv justering av process eller utrustning. Utifrån data genererad i processövervakningen => förslag på trolig lösning till ansvarig processtekniker
- Utveckla bättre anpassad beredningsprocess

Ännu längre fram:

- Prediktering av linsstorlek m.h.a. AI och ML
- Simulering av produktionslina, med AI och ML => digital tvilling
- Optimering av svetsprocess och produktionslina



SWERIM