

株式会社 **ナデックス**

ナ・デックス タイマーの 適応制御

制御する対象の変化に応じて、制御装置を自動的に変化させて制御する方式

goo辞書 国語辞典より

従来の溶接制御

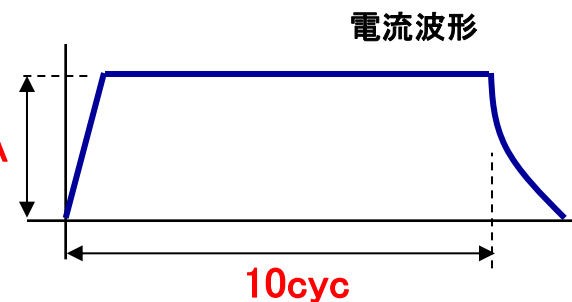
電流値、通電時間をあらかじめ設定する

ex. 10kA, 10cyc



設定どおりに通電する

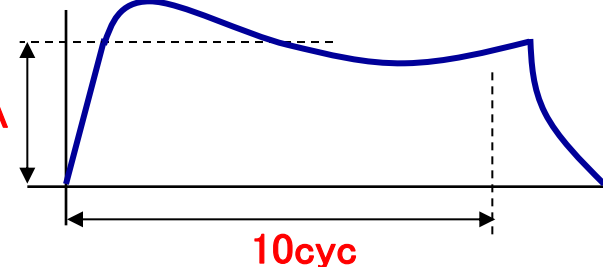
10kA



適応制御

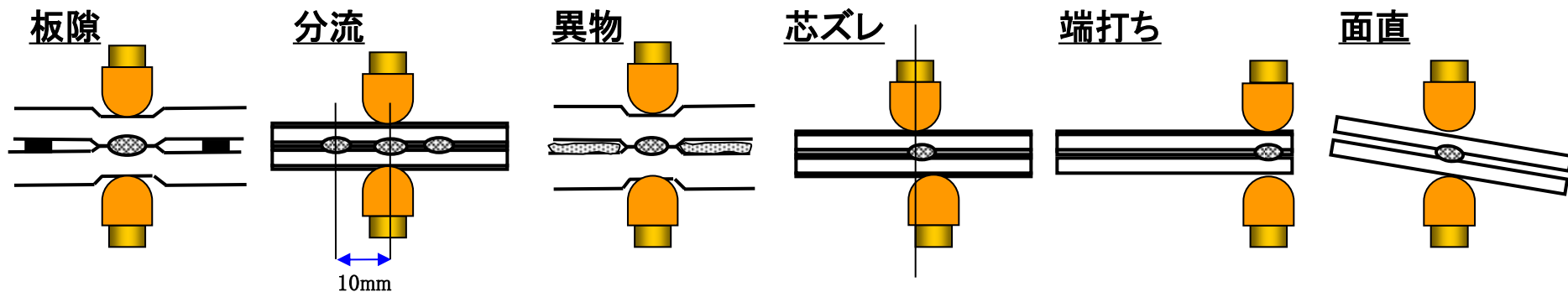
適切な溶接結果を得るために、通電中の溶接部の状態を
観測して得られるフィードバック信号をリアルタイム処理し
て**制御を自動調整**

10kA



従来の溶接＝定電流制御

→ 実際の溶接には**外乱**が付き物だが、いつも同じ条件で良いのか？

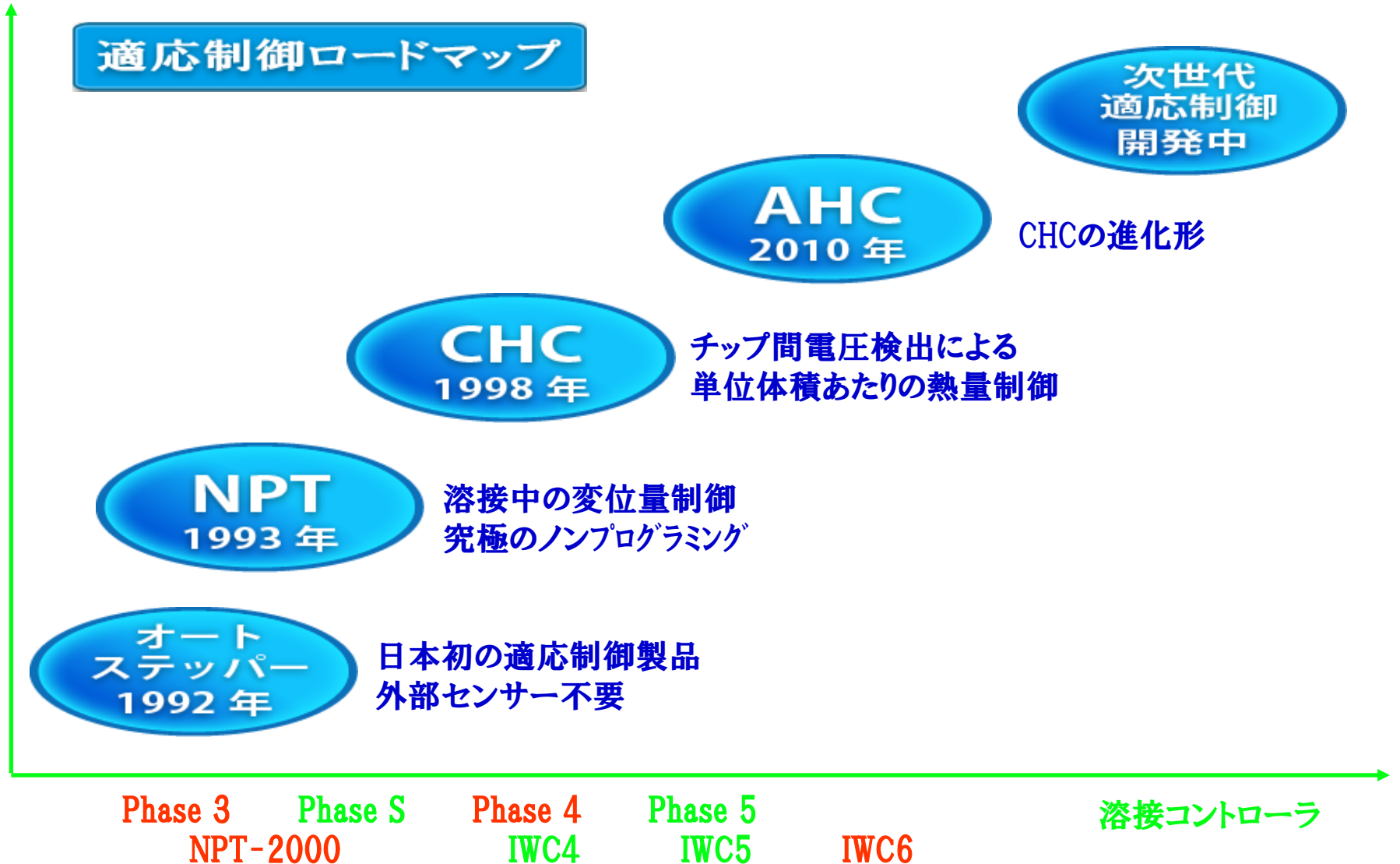


→ 余裕を見た高めの設定が必要 → **無駄なエネルギー**が必要、**チリ**が出る



適応制御で最適な通電 → **チリを抑制、省エネ**

ナ・デックスの適応制御の歴史

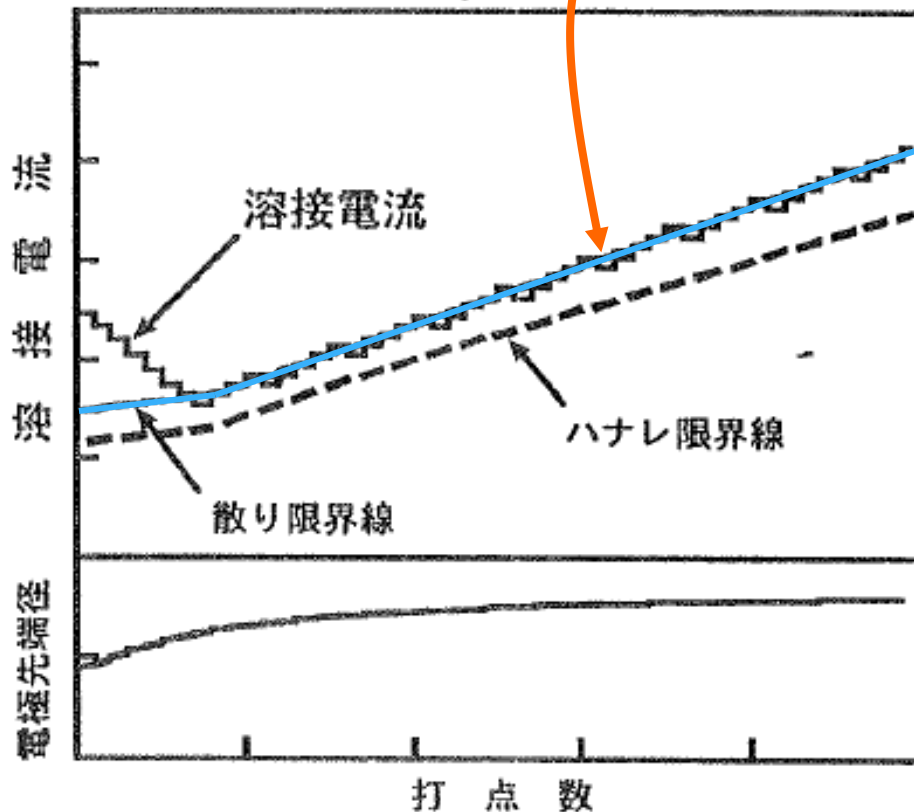


自動的にチリ限界に追従

フィードバック信号: チップ間電圧(抵抗)

交流式タイマーPH3シリーズ

- ・チリが発生した場合 → 電流を下げる
- ・チリが発生しなかった場合 → 電流を上げる



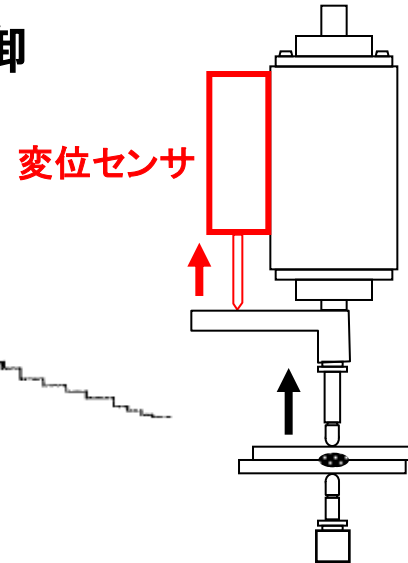
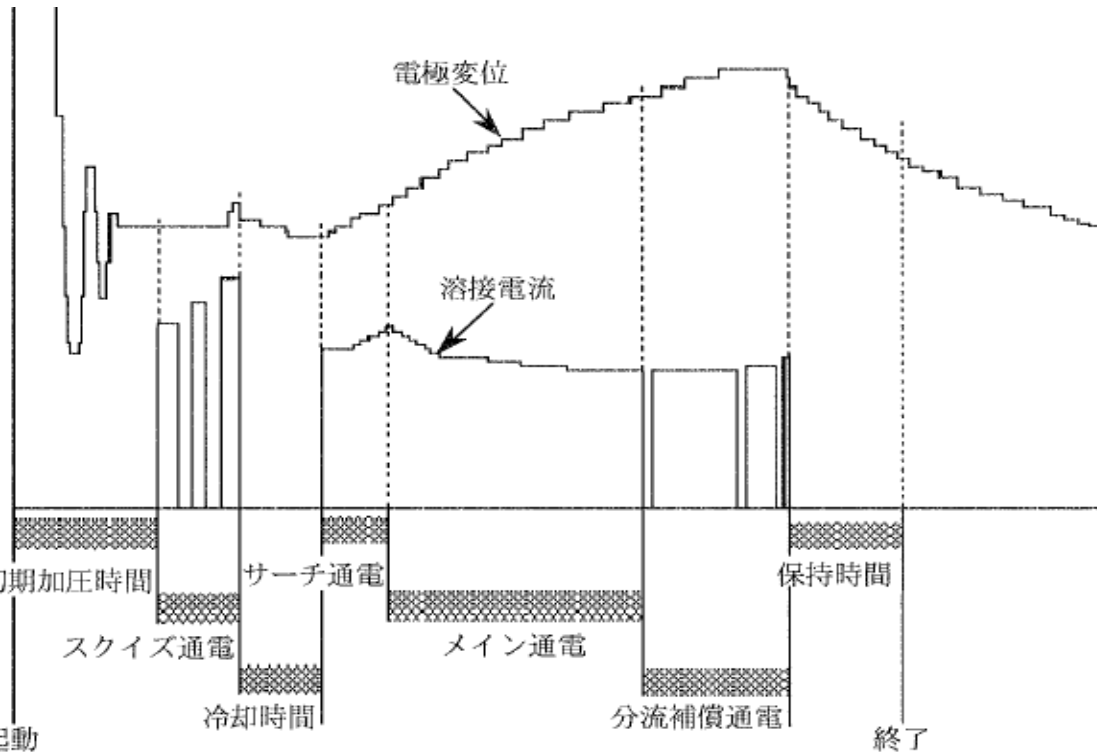
課題

- ・チリが必ず出る制御だった
- ・チリの検出がうまく出来ない場合があった

通電中の電極変位量に基いた自動制御

フィードバック信号: 電極の変位量(ナゲットの膨張量)

- ・設定不要、溶接(電流・時間)を自動制御
- ・スパッタレスを実現



専用溶接機とNPT-2000

課題

- ・変位計の耐久性
- ・ガンの形状により変位がうまく出ないものがあった

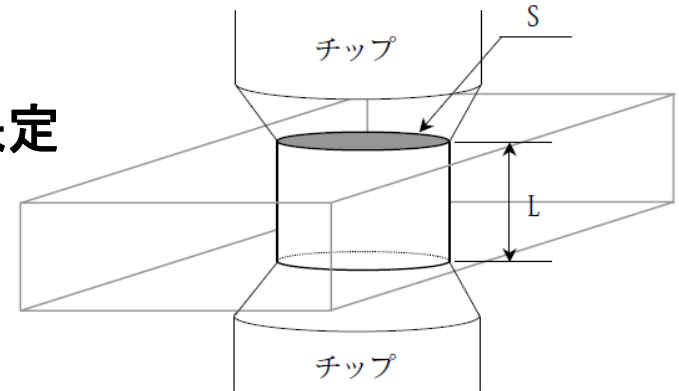
図4、NPT制御の電極変位と溶接電流波形

1mm³あたりの熱量を一定にする制御

フィードバック信号: チップ間電圧(抵抗)

交流式タイマーPH4シリーズ
インバータ式タイマーIWC4シリーズ

- 投入する1mm³あたりの熱量J_v は
総板厚と通電時間の設定値から計算で自動的に決定



目標熱量 (J_v) は、基本熱量 + 放熱量で計算

$$J_v = 9.0 + 2.6 \times \frac{\text{通電時間}}{\text{総板厚}} \quad [\text{J}/\text{mm}^3]$$

↳ 投入する総熱量 Q = J_v × S (電極先端の面積) × L (板厚)
= J_v × ρ (抵抗率) × L / R (抵抗) × L - ①

- チップ間電圧を検出して抵抗値を求める。
→ 電極磨耗等で溶接部の体積が増加しても自動的に投入する総熱量が増加

1mm³あたりの熱量を一定にする制御

フィードバック信号: チップ間電圧(抵抗)

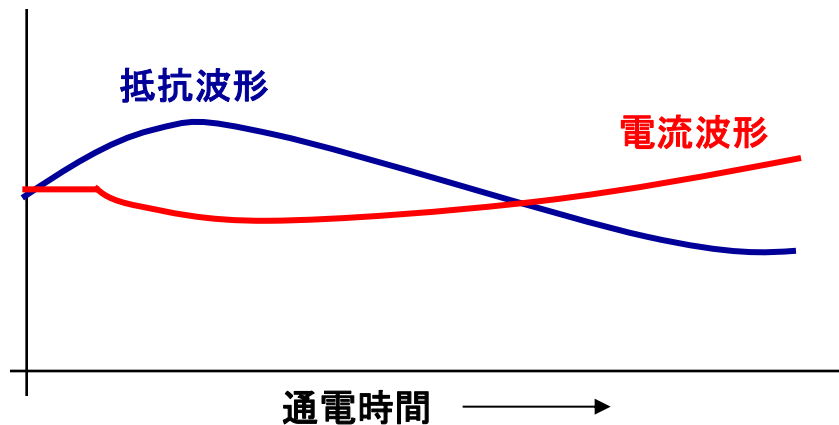
交流式タイマーPH4シリーズ
インバータ式タイマーIWC4シリーズ

実際の投入熱量は

$$Q = I (\text{溶接電流})^2 \times R (\text{抵抗}) \times t (\text{通電時間}) - \textcircled{2}$$

で求められるので

式①、②より抵抗変化(=体積の変化)に応じた目標電流値が求められる。



課題

- ・タイマー自身が電流値を変えてしまうため、管理できない
- ・計算で求めた目標熱量が実際と合わない場合があった

AHC = **A**dvanced **H**eat **C**ontrol

インバータ式タイマーIWC6シリーズ

【準備】 実際のワークを最適な溶接条件で溶接

PPS (Primary Parameter Setting) 溶接モードで通電し
最適な熱量を記憶



【適応制御】 最適な溶接状態を再現

通電中のチップ間電圧 (抵抗) をリアルタイムにフィードバックし
PPS溶接での熱量投入を再現する

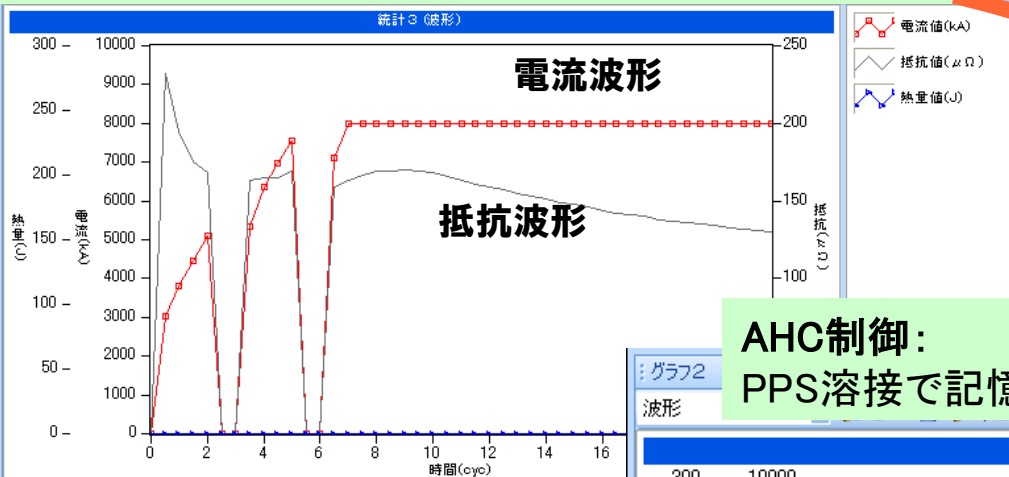


溶接結果・全打点モニタ

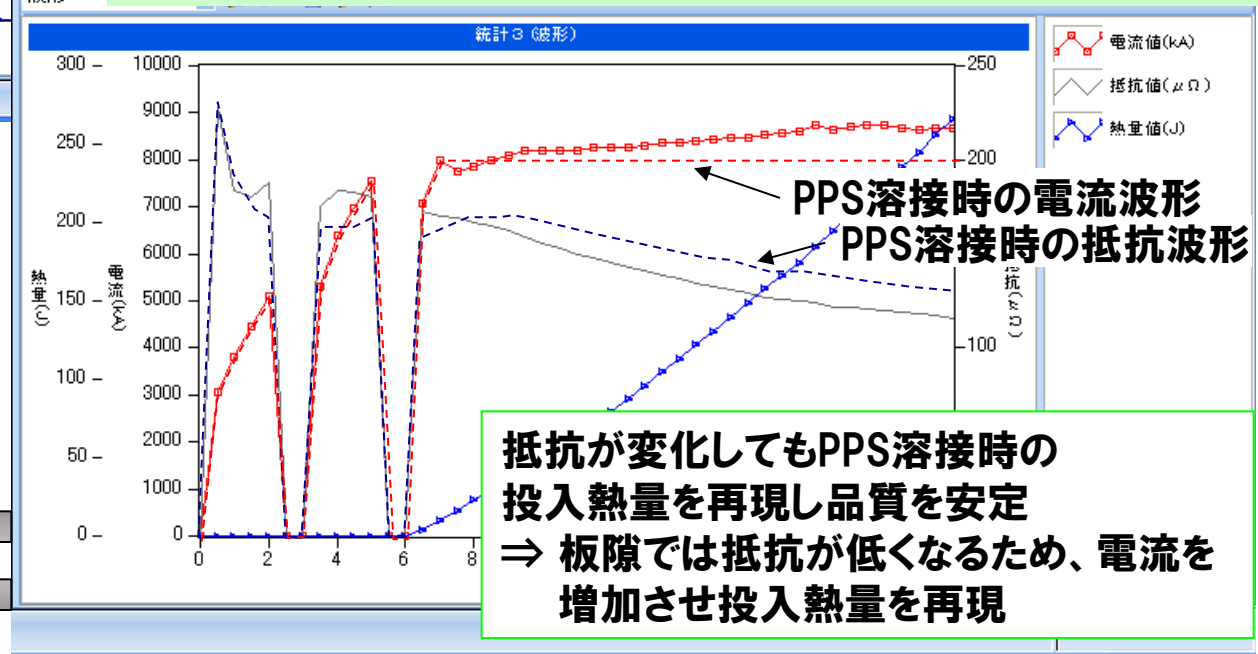
全打点の溶接時の各種モニタ値をSQLサーバへ保存可能

ナ・デックスの適応制御 AHC (板隙時の動作例)

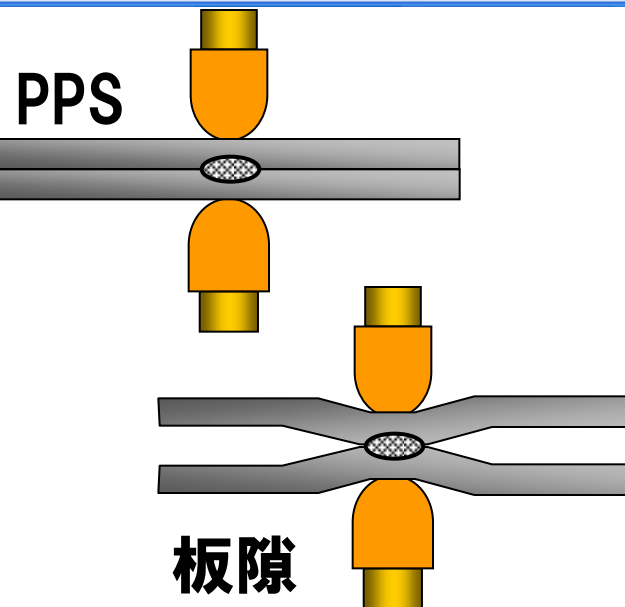
PPS溶接：
スパッタの出ない適正電流値での溶接を記憶



AHC制御：
PPS溶接で記憶した熱量になるようにフィードバック制御を行う



抵抗が変化してもPPS溶接時の
投入熱量を再現し品質を安定
⇒ 板隙では抵抗が低くなるため、電流を
増加させ投入熱量を再現



ナ・デックスの適応制御 AHC(動作モード)

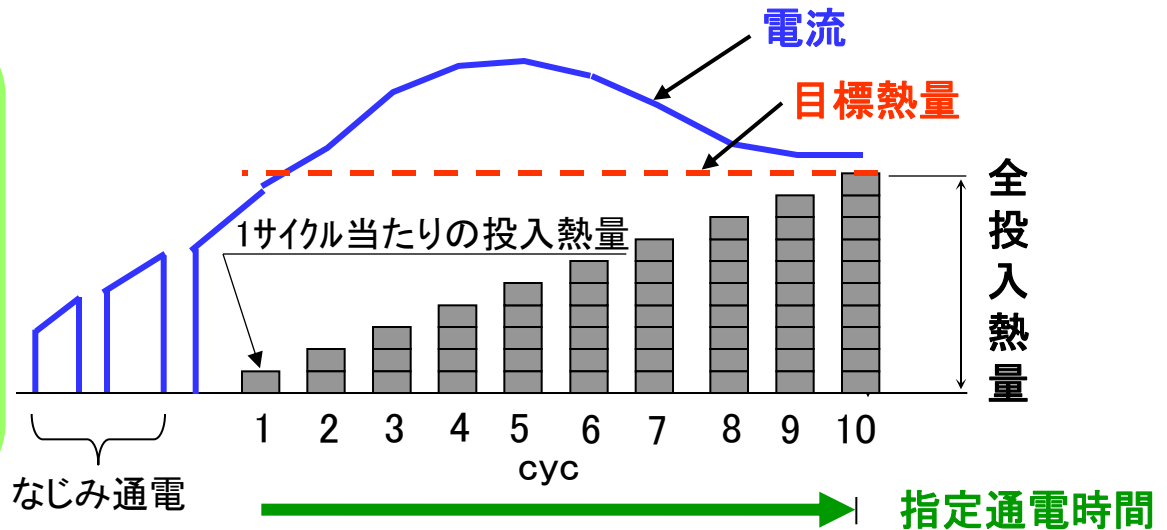
モードA:

<必要設定パラメータ>

- ・総板厚
- ・溶接時間

<特徴>

設定値どおりの通电時間で
熱量を投入するように制御



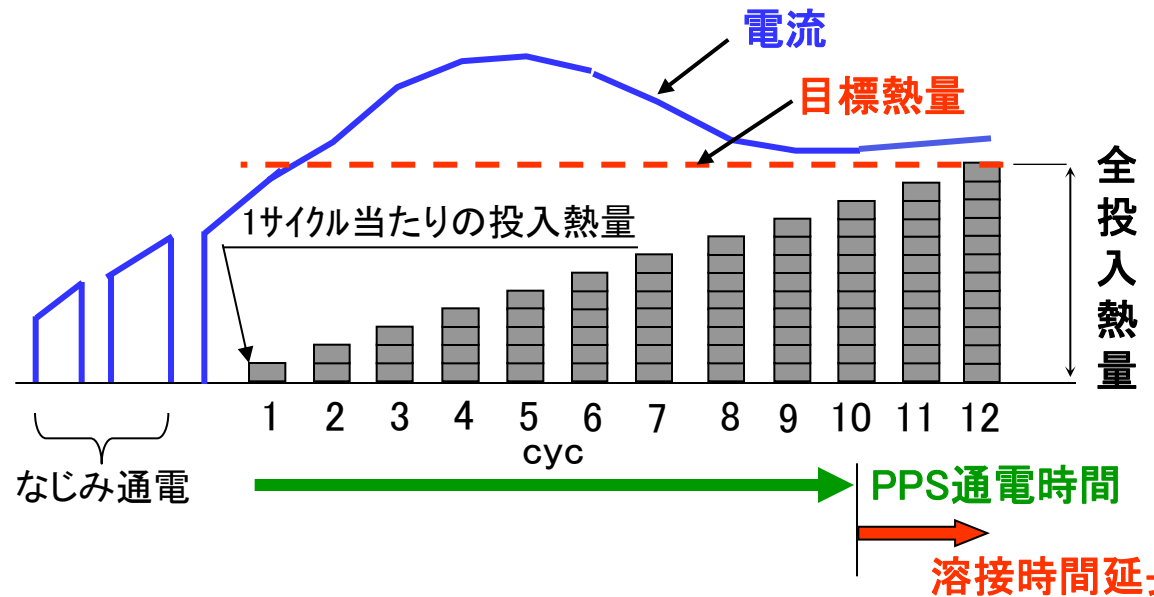
モードB:

<必要設定パラメータ>

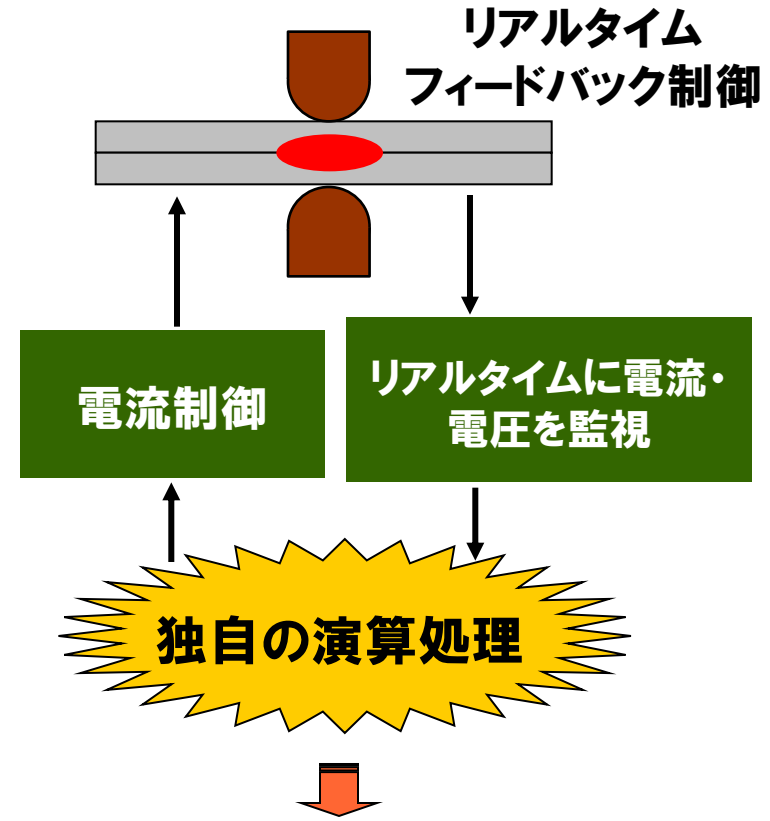
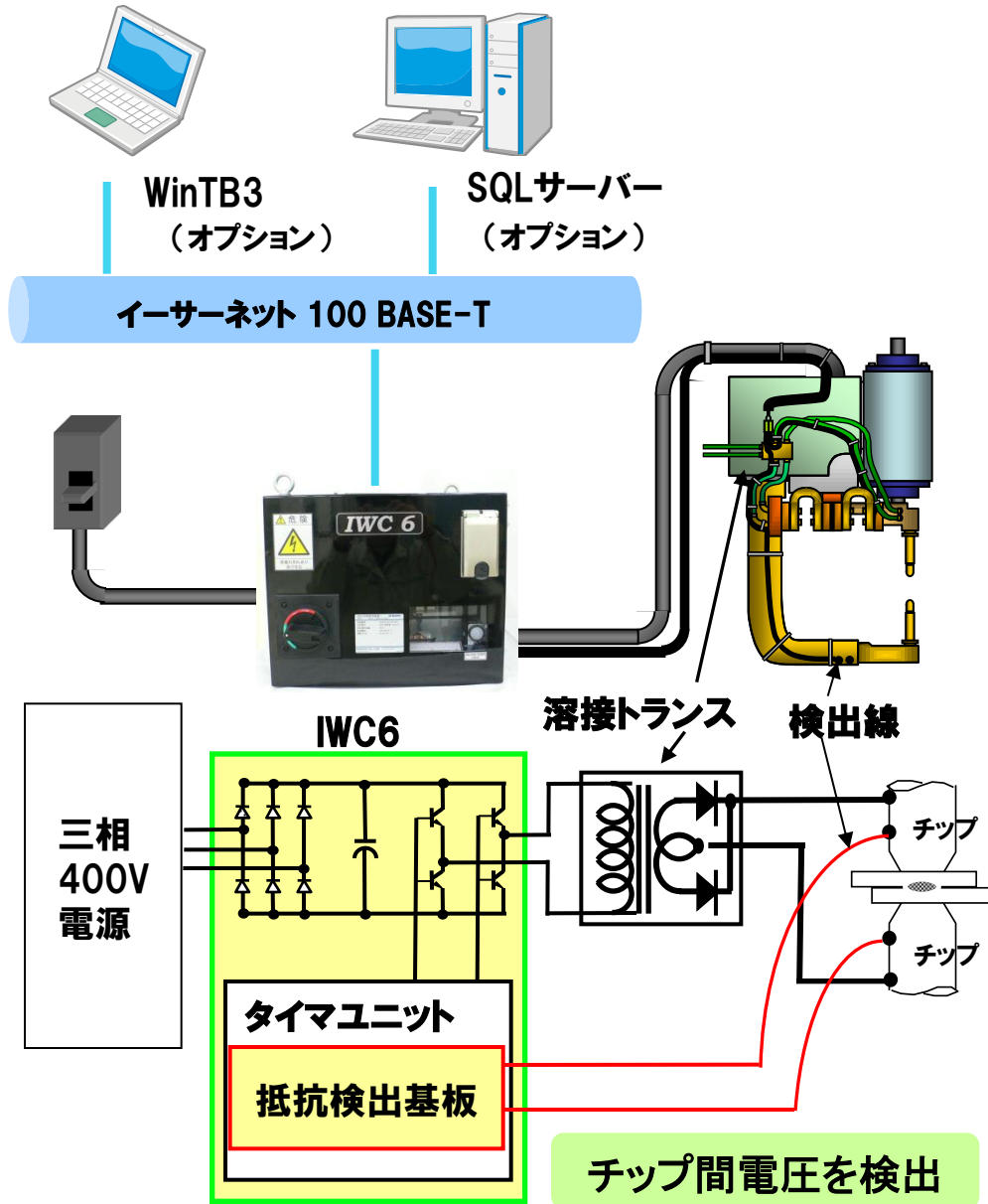
- ・無し

<特徴>

抵抗値から板厚を推測し
板厚に見合った通电時間で
目標熱量に達するように制御
ただし電極の先端径が一定と
なるように管理が必要



ナ・デックスの適応制御 AHC(システム構成)



WQS (Weld Quality Score) 算出
異常判別

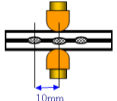
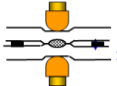
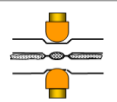
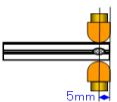
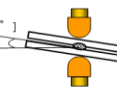
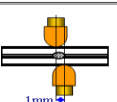
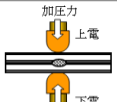
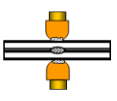
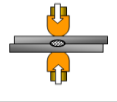
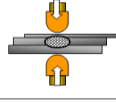
ナ・デックスの適応制御 AHC(推奨適用範囲)



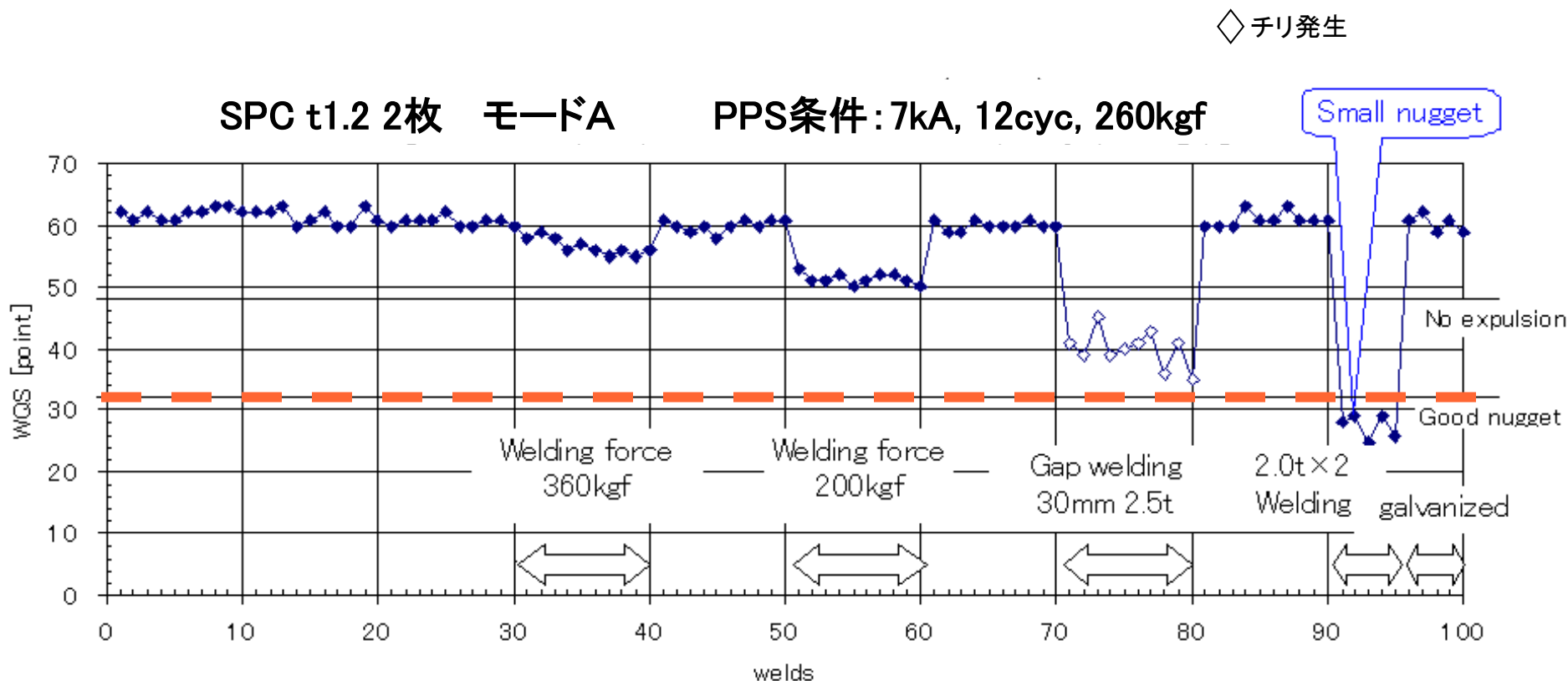
項目		推奨適用範囲
板組	鋼種	270MPa級 普通鋼、440MPa級以上は確認が必要
	表面処理状況	裸材、亜鉛めっき系材
	総板厚	1.4mm～6.0mm (板厚:0.65mm～2.0mmまで)
	板厚比(総板厚/薄板)	6以下
	モードBの板厚適応範囲	PPS板厚の2倍まで
	重ね枚数	3枚重ね以下
加圧力	加圧力変動	(PPS溶接時の加圧力)-490Nまで
設備仕様	電極	ドームラジラス形電極(先端径6mm-R40)
	電極材料	クロム銅
	適用溶接ガン	上下チップ角度差10度以下の溶接ガン
外乱	分流距離	(薄板側の板厚)*20 + 10 mm以上
	板隙距離	1mm以下
	端打ち距離	ワーク端から電極中心までの距離 4mm以上
	面直角度	3度以下
	芯ずれ量範囲	1mm以下

* 上記はあくまで推奨適用範囲なので、実際はこの範囲を超えて使用できる場合が多い。

ナ・デックスの適応制御 AHC(外乱テスト例)

項目		鋼種(Mpa)						
条件	適用範囲	試験範囲	270	440	590	980	HotPress	
分流		打点ピッチ 10mm	10mm/24mm	○ (10mmOK)	○ (10mmOK)	○ (10mmOK)	○ (10mmOK)	△
板隙		1mm	1mm/2mm 2.5mm/3mm	○ (2.5mmまでOK)	○ (2.5mmまでOK)	○ (3.0mmまでOK)	○ (3.0mmまでOK)	○ (2.0mmまでOK)
異物		シーラ材/油・鉄粉	シーラ材/油・鉄粉	○/○	○/○	○/△	○/△	-
端打ち		端から5mm	0mm/3mm 5mm	○ (5mmまでOK)	○ (5mmまでOK)	○ (5mmまでOK)	○ (3mmまでOK)	-
面直		3° 以内	0° /3° / 5° /7°	○ (7° までOK)	○ (5° までOK)	-	-	-
芯ずれ		1mm以下	0mm/3mm 5mm/7mm	○ (5mmまでOK)	△	△	△	-
加圧力 変動		設定加圧力 ±50kgf	-100kg/+50kg	○	○	○	○	-
電極磨耗		3000打点	3000打点	○	-	-	-	-
表面処理		メッキ/非メッキ	メッキ-メッキ 非メッキ-メッキ 非メッキ-非メッキ	○	○	○	○	-
板厚比		6以下	6以下	○	○	○	○	-

WQS (Weld Quality Score): 溶接結果を0-100の数値で判定(目安値)



数値を監視することによって、溶接状況の変化を把握することが可能
一定値以下で異常検出も可能

ナ・デックスの適応制御 AHC(溶接条件管理ツール)



PCソフト WinTB3の表示画面

WinTB3 - [NADEX-DemoV10000]

ファイル(F) 溶接機(W) 編集(E) 監視(W) モニタ(M) グラフ(G) ログイン(L) ツール(T) Language(L) ヘルプ(H)

モニタデータ待機中

ログアウト

モニタ

統計4 12/03/06 13:02:46 13/03/06 14:02:46

日時	起動系列	2次電流1(平均値)[1次CT]	チップ間抵抗値(平均値)	チップ間抵抗値(最小値)	チップ間抵抗値(最大値)	チリ検出時間	目標熱量
2012/07/21 13:4...	18	78	227	213	241	89	
2012/07/21 13:4...	17	83	219	211	229	65	
2012/07/21 13:4...	16	77	232	216	241	79	
2012/07/21 13:4...	15	79	230	241	241	89	
2012/07/21 13:4...	14	77	232	244	244	81	

各種モニタ表示

グラフ1

モニタ連動

統計4 (モニタ連動)

チップ間抵抗値(平均値) 起動系列 2次電流1(平均値)[1次CT] チップ間抵抗値(最小値) チップ間抵抗値(最大値)

グラフ2

波形

統計4 (波形)

電流値(A) 抵抗値(μΩ) 熱量(J)

213 7835 411

5000 100 0

時間(cyc)

2013/03/06 14:05:52

工程1
HMI/A
FOR_SIDE LINE
10.37.106.153 124A-R5 10.37.106.154 124A-R6 10.37.106.155 124B-R5 10.37.106.156 124B-R6

工程2
Process2
Process2
10.37.106.159 SIDE LH 705-L1 10.37.106.160 SIDE LH 705-L2 10.37.106.166 SIDE RH 705-R1 10.37.106.167 SIDE RH 705-R2

工程3
Process3
Process3
10.37.106.161 SIDE LH 711-L1 10.37.106.162 SIDE LH 711-L2 10.37.106.163 SIDE LH 711-L4 COM1:1

工程4
Process4
Process4
10.37.106.164 SIDE LH 713-L1 10.37.106.165 SIDE LH 713-L3 10.37.106.171 SIDE RH 713-R1 10.37.106.172 SIDE RH 713-R3

工程5
Process5
Process5
10.37.106.173 BB LINE 310-L1 10.37.106.174 BB LINE 310-L2 10.37.106.175 BB LINE 310-R1 10.37.106.176 BB LINE 310-R2

工程6
Process6
Process6
10.37.106.179 BB LINE 312-L1 10.37.106.180 BB LINE 312-R1 COM1:1 COM1:1

工程7
Process7
Process7
10.37.106.181 BB LINE 313-L1 10.37.106.182 BB LINE 313-L2 10.37.106.183 BB LINE 313-R1 10.37.106.184 BB LINE 313-R2

工程8
Process8
Process8
10.37.106.185 BB LINE 314-L1 10.37.106.186 BB LINE 314-R1 COM1:1 COM1:1

工程9
Process9
Process9
10.37.106.188 BR LINE 320-L1 10.37.106.189 BR LINE 320-L2 10.37.106.190 BR LINE 320-R1 10.37.106.191 BR LINE 320-R2

工程A
ProcessA
ProcessA
10.37.106.192 BR LINE 325-L1 10.37.106.193 BR LINE 325-L2 10.37.106.194 BR LINE 325-L3 10.37.106.195 BR LINE 325-R1 10.37.106.196 BR LINE 325-L2 10.37.106.197 BR LINE 325-L3 10.37.106.198 BR LINE 325-R2 10.37.106.199 BR LINE 325-R3

10.2.5.39 R10

工程名称
ロボット名称
IPアドレス
接続状況等の一覧

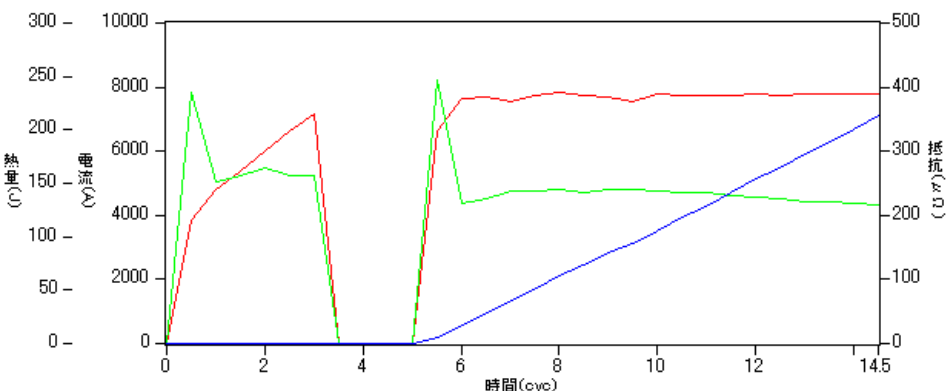
ナ・デックスの適応制御 AHC(溶接条件管理ツール)



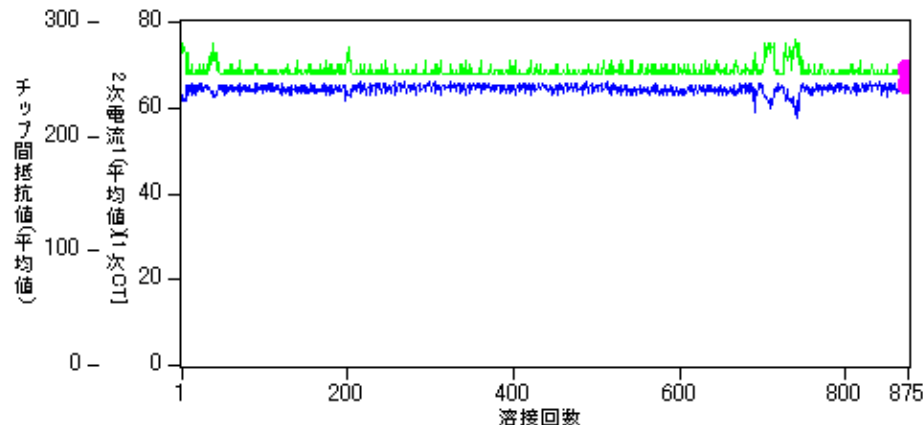
モニタデータの一覧表示

日時	起動系列	異常コード	異常サブコード	2次電流1(平均値)[1次CT]	2次電流1(最小値)[1次CT]	2次電流1(最大値)[1次CT]	電源電圧1(平均値)	通電時間1	チップ間抵抗値(平均値)	チップ間抵抗値(最小値)	チップ間抵抗値(最大値)	WQS値	インバータ周波数設定
2012/07/21 13:40:56	18	0	0	78	76	81	451	13	227	213	241	67	1000
2012/07/21 13:40:54	17	0	0	83	79	85	454	12	219	211	229	62	1000
2012/07/21 13:40:52	16	0	0	77	75	78	458	13	232	216	241	64	1000
2012/07/21 13:40:51	15	0	0	79	76	81	454	12	230	214	241	65	1000
2012/07/21 13:40:50	14	0	0	77	75	79	462	13	232	216	244	64	1000
2012/07/21 13:40:46	13	0	0	83	77	86	460	17	226	207	260	62	1000
2012/07/21 13:40:45	12	0	0	79	77	81	458	15	238	230	249	63	1000
2012/07/21 13:40:43	11	0	0	83	81	85	461	12	220	210	233	67	1000
2012/07/21 13:40:41	10	0	0	81	77	83	460	16	235	227	245	64	1000
2012/07/21 13:40:40	9	0	0	80	78	80	457	15	235	224	241	66	1000
2012/07/21 13:40:38	8	0	0	85	79	86	461	15	200	192	227	66	1000
2012/07/21 13:40:36	7	0	0	77	75	79	463	15	228	218	249	67	1000

波形表示



グラフ表示



2011年12月 某完成車メーカー海外工場へ約50台導入
導入目的: スパッタの低減、溶接品質の向上

導入結果

スパッタ発生率 2.2% (導入前は45.4%)

全1,254打点中スパッタ発生箇所27打点 * ただし、約30cm以下の小さなチリはカウントしない

課題

課題:

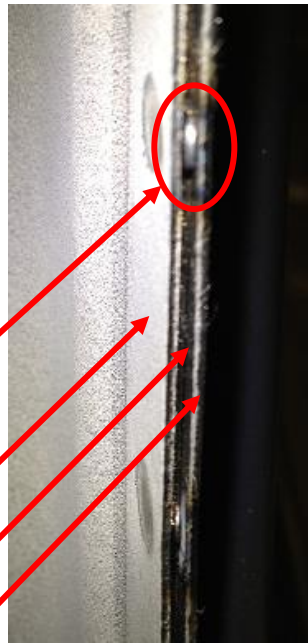
導入に時間がかかった → 導入期間約40日 + 追加調整1ヶ月

理由:

1. PPS溶接に時間がかかった
2. 打点位置が悪い箇所が多く、修正に時間がかかった

打点位置が悪い具体例1

問題ないように見えるが…



真中のパネルが短いため
スパッタ発生

外側パネル
真中のパネル
内側パネル

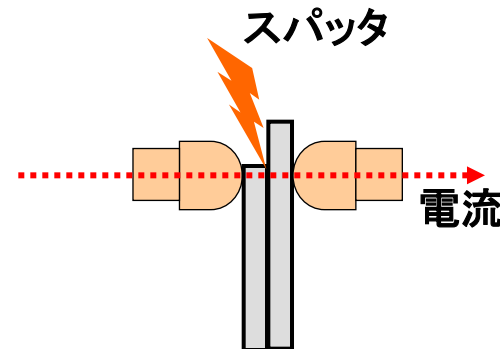
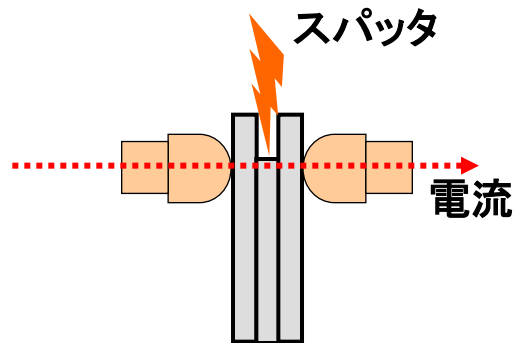
内側のパネルが短いため
端打ちでスパッタ発生



外側のパネル

短い

内側のパネル

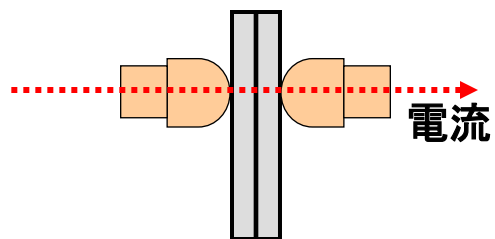


打点位置が悪い具体例2

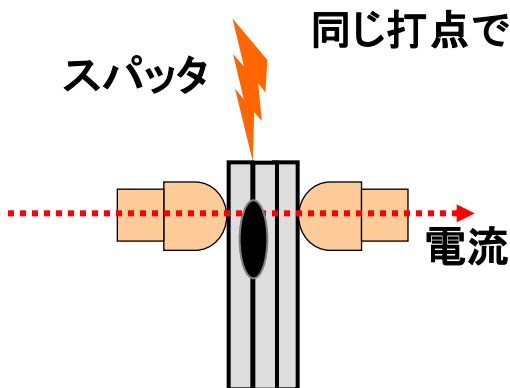
ダブリ溶接



別ステーションで1回目溶接



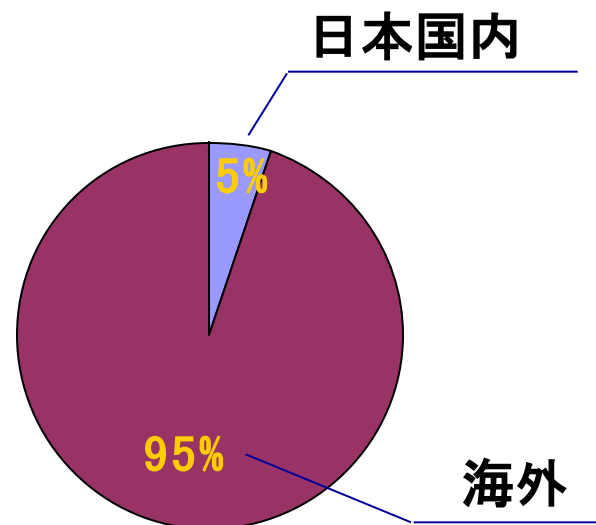
同じ打点で再溶接



現在の推定稼働台数

約900台

(総出荷台数は1,000台以上)

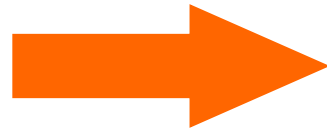


他社の適応制御タイマー

- ・日本製はNADEXのみ
- ・欧米系 4社 → 高価
- ・中国 1社 → 性能？

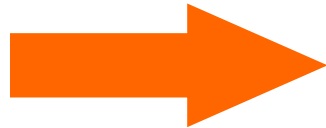
いずれも、通電中のチップ間抵抗を利用した適応制御

新規導入工数の削減



より使いやすく簡単に

次世代の適応制御



- ・短時間溶接
- ・新センサを使用した品質保証
- ・ナゲット径を設定するタイマー

ありがとうございました

**世界の工場をワンストップでつなぐ
接合のナ・デックス**

END