交流電磁場測定法（ACFM）による検出性確認試験

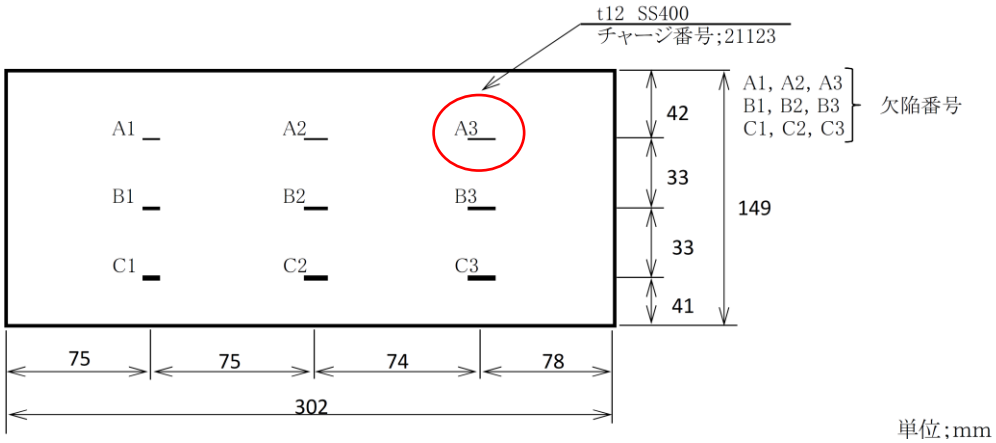
２０２４年８月２７日危険物保安技術協会殿主催
新技術を活用した危険物施設の保安設備等に関する研究会（第９回）

ダイヤ電子応用株式会社
DIA ELECTRONICS APPLICATION CO., LTD.

ACFM検出性能確認　実施要領

1.以下の基準きずに対してACFMの信号を確認

A3基準きず：L4.0mm x W0.25mm x D1.5mm



A3基準きず

確認内容

(1)無欠陥部のリフトオフ特性

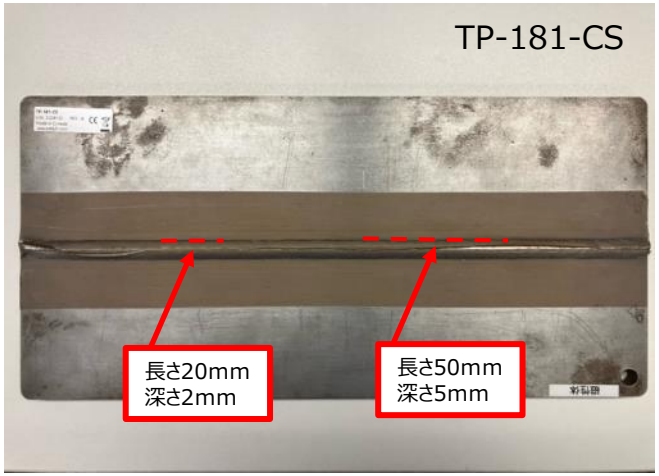
(2)基準信号

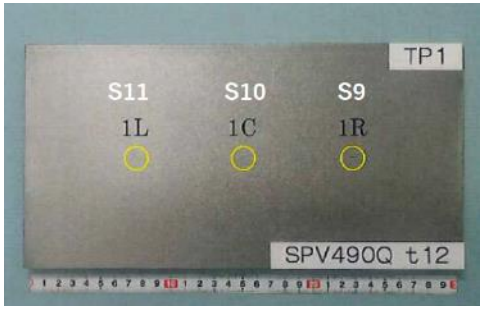
(3)コーティング厚さ特性

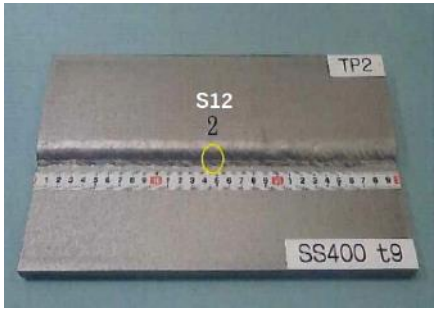
(4)角度感度特性

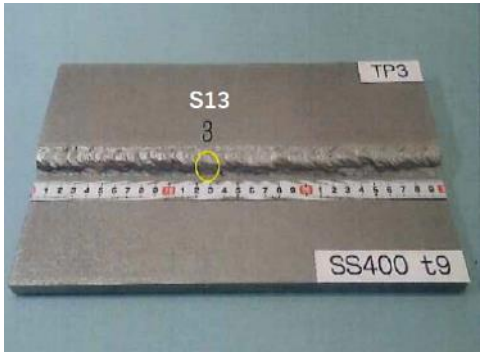
ACFM検出性能確認　実施要領

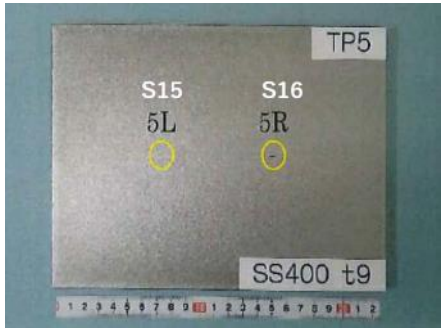
2. 試験片TP1～TP5及びTP-181-CS(デモ用試験片)の20mm長さのスリットにおいて、0μm、500μm、1000μm、1500μm、2000μmのコーティングを模擬し、ACFMの検出性を確認











使用機材

- 探傷器：AMIGO2
- プローブ：SENSU2ミニペンシルプローブ(直角タイプ、有効幅15mm、5KHz)

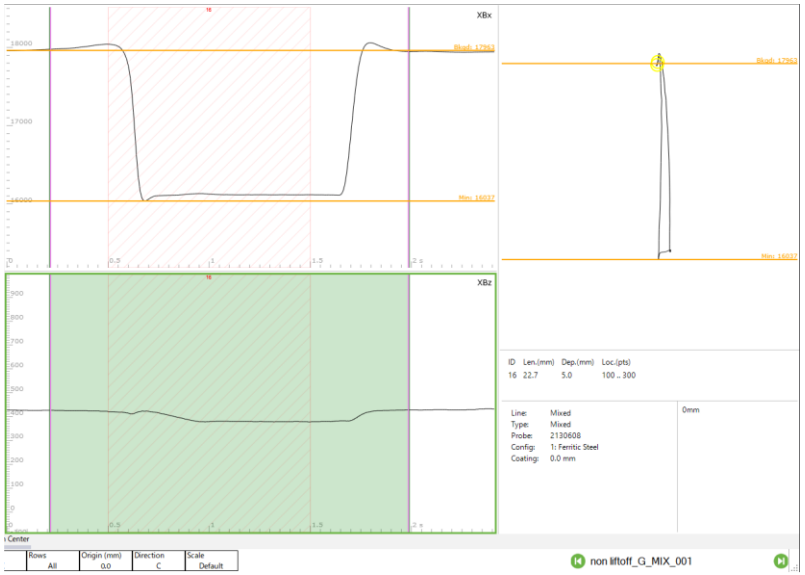
AMIGO2

SENSU2ミニペンシルプローブ

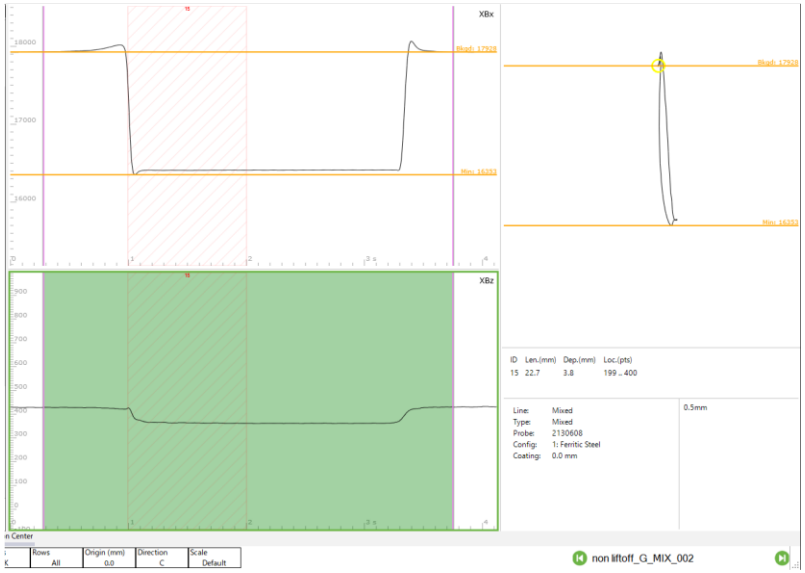
試験結果：1-(1)無欠陥部のリフトオフ特性

膜厚：0mm

※ACFM手法では考慮しないので、
　試験結果として位相情報は提示できない。

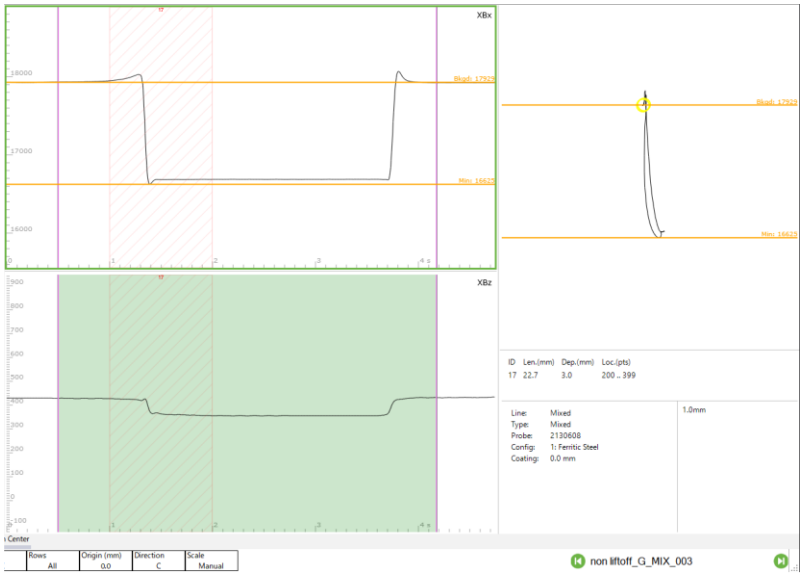


膜厚：0.5mm

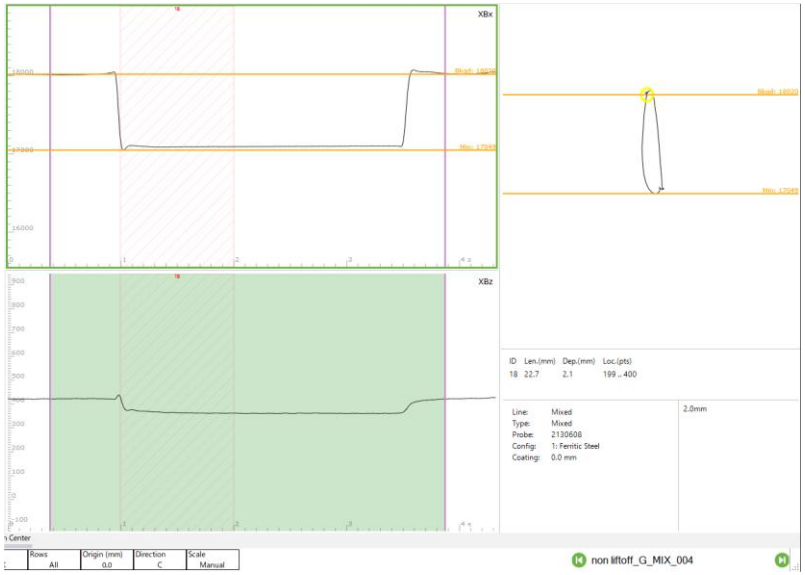


試験結果：1-(1)無欠陥部のリフトオフ特性

膜厚：１.0mm

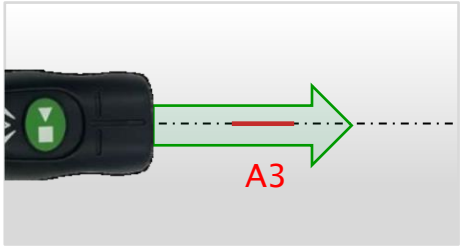


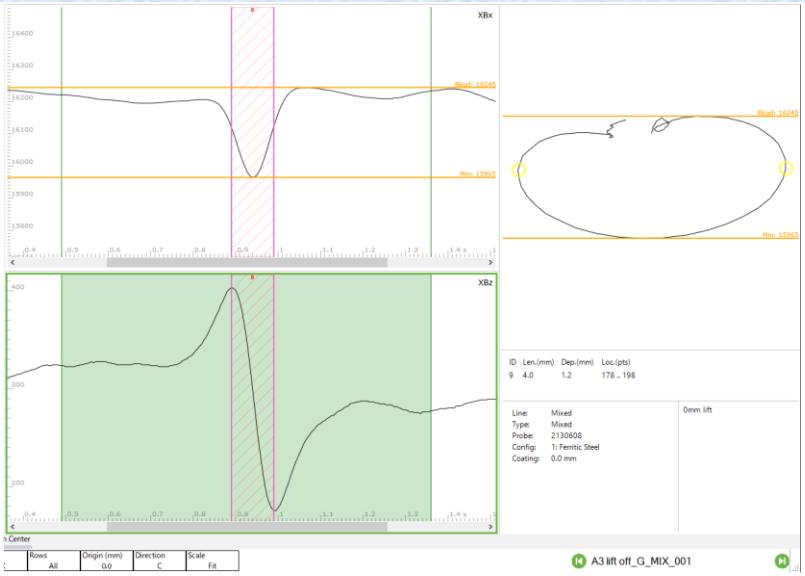
膜厚：2.0mm



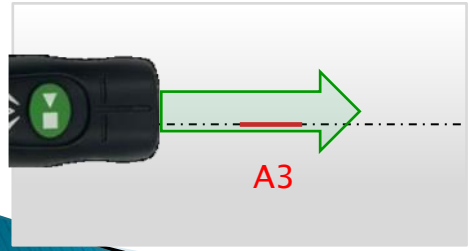
試験結果：1-(2)基準信号

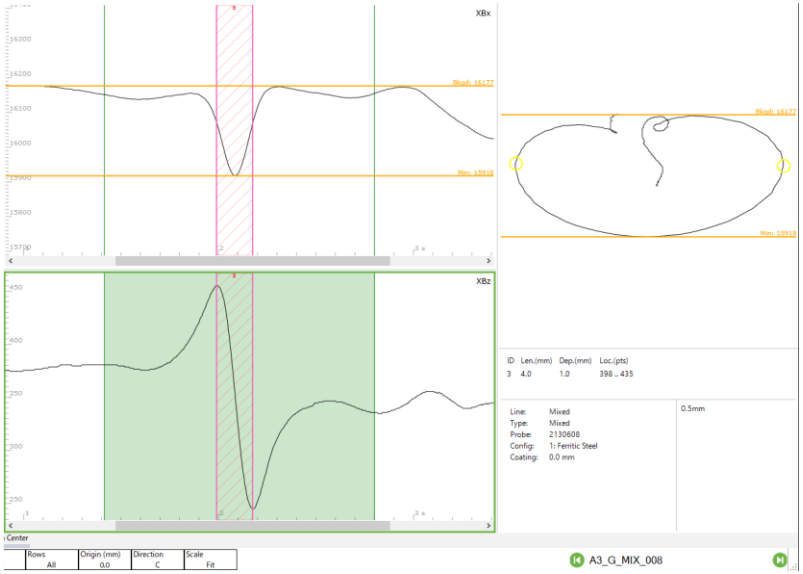
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：0mm





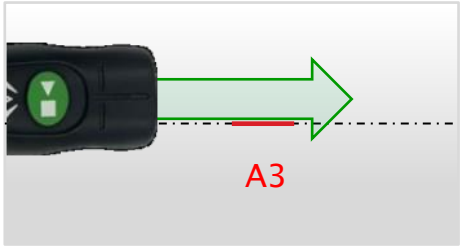
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：0.5mm

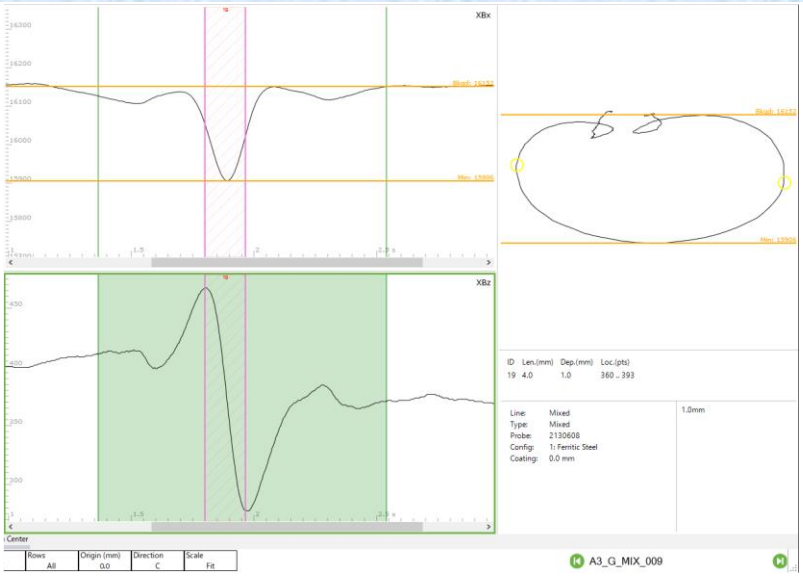




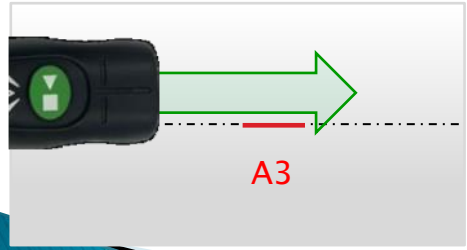
試験結果：1-(2)基準信号

リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：1.0mm



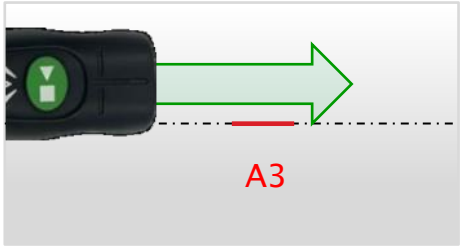


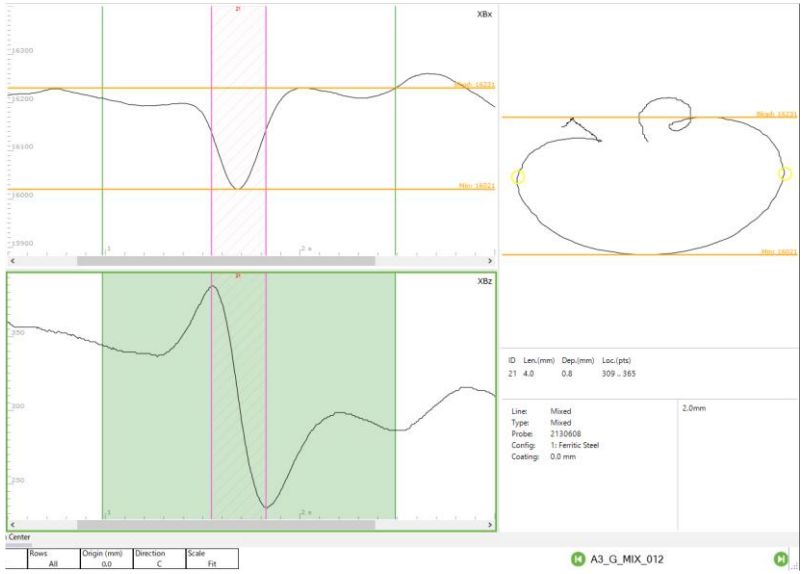
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：1.5mm



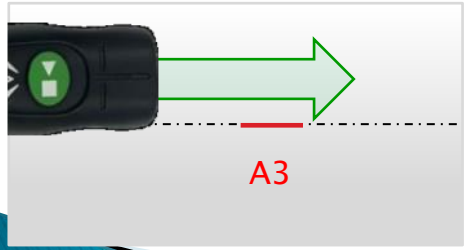
試験結果：1-(2)基準信号

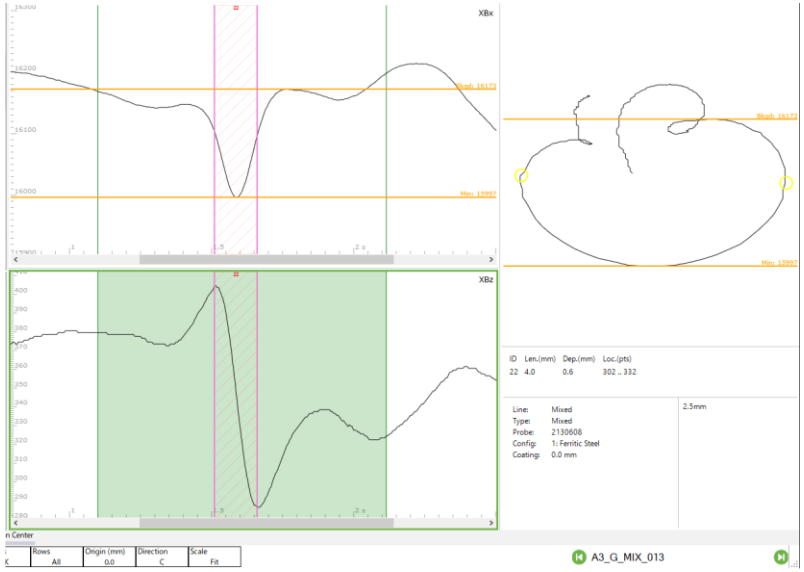
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：2.0mm





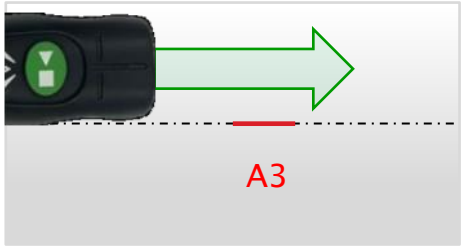
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：2.5mm

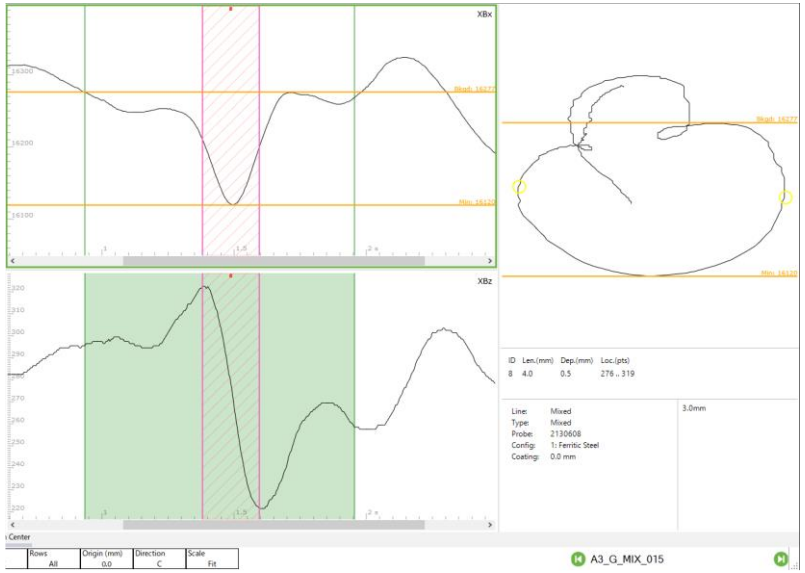




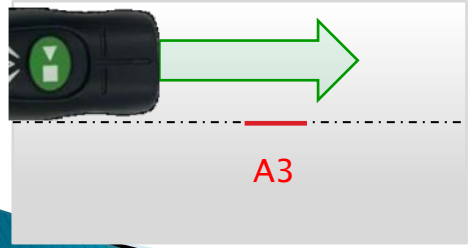
試験結果：1-(2)基準信号

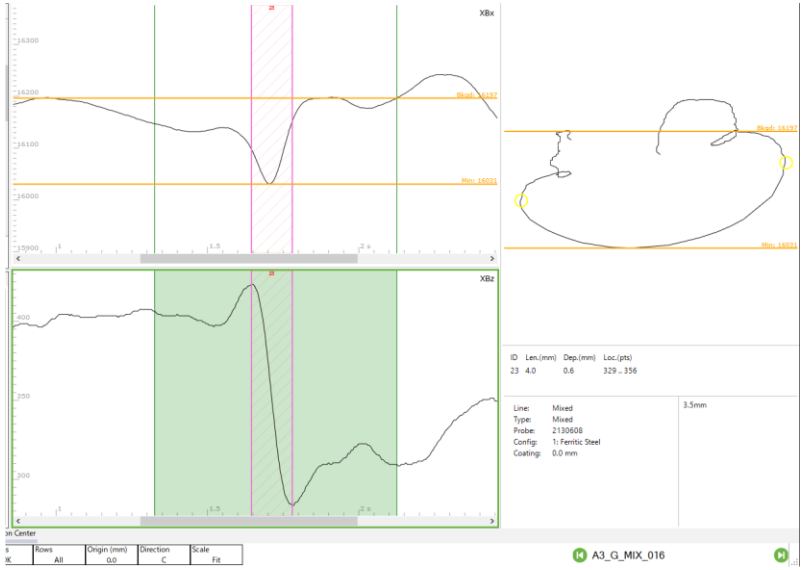
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：3.0mm





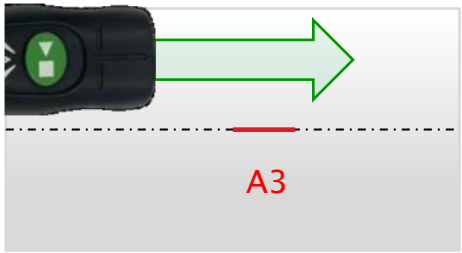
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：3.5mm

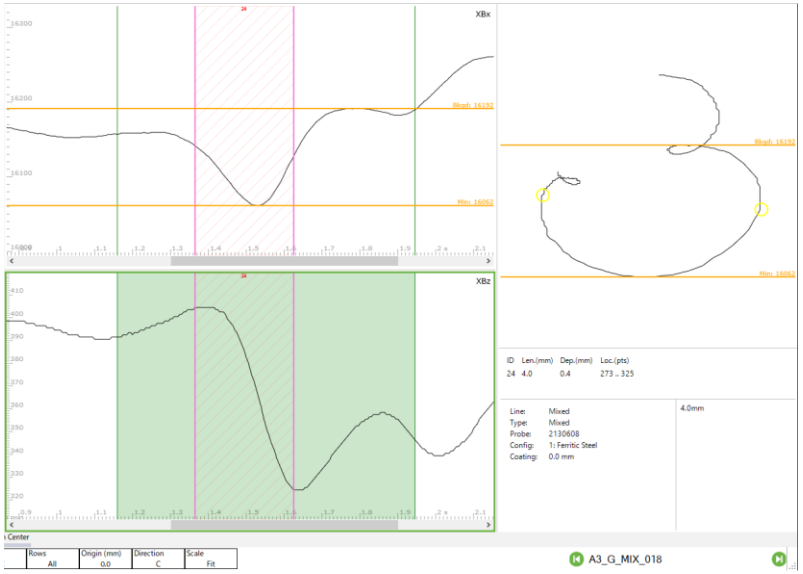




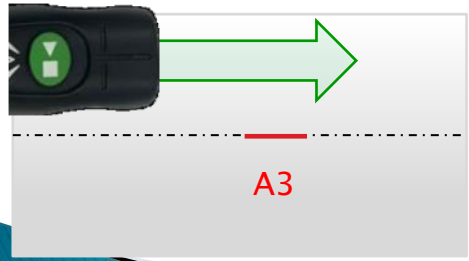
試験結果：1-(2)基準信号

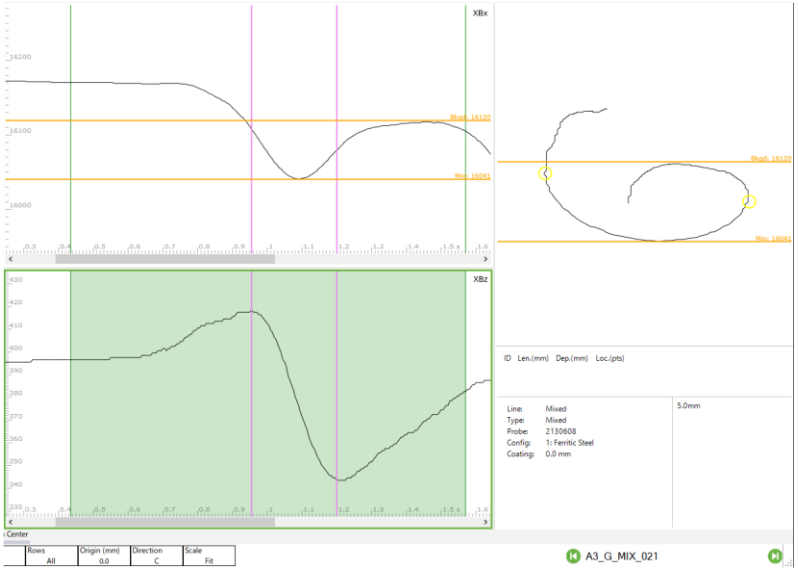
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：4.0mm





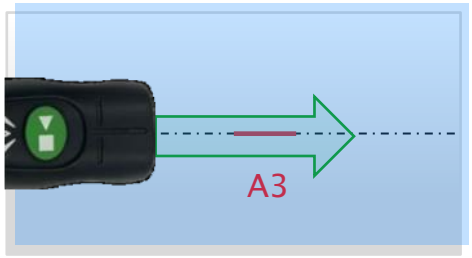
リフトオフ：0mm
走査角度　：0°
オフセット：5.0mm

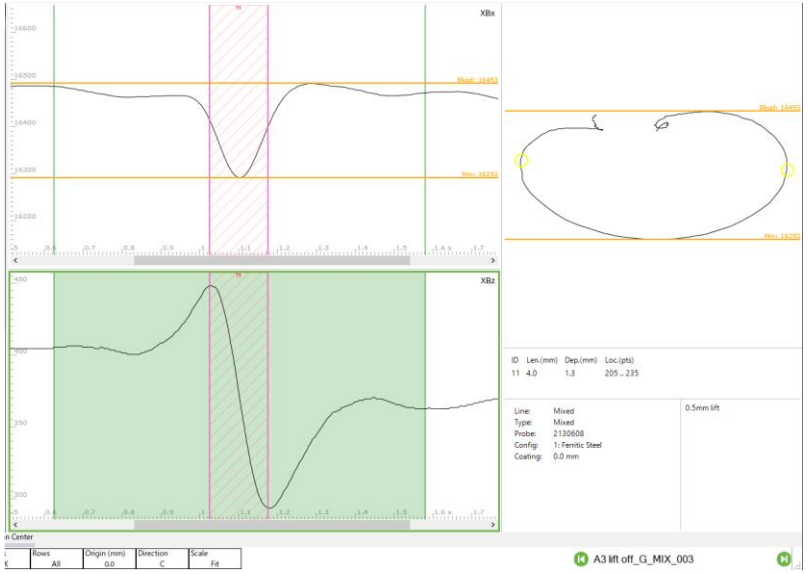




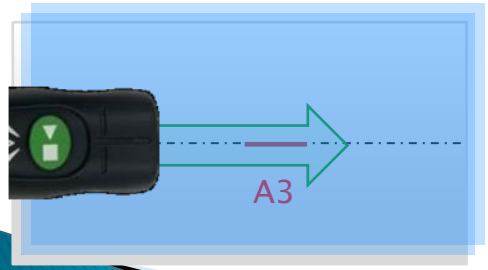
試験結果：1-(3)コーティング厚さ特性

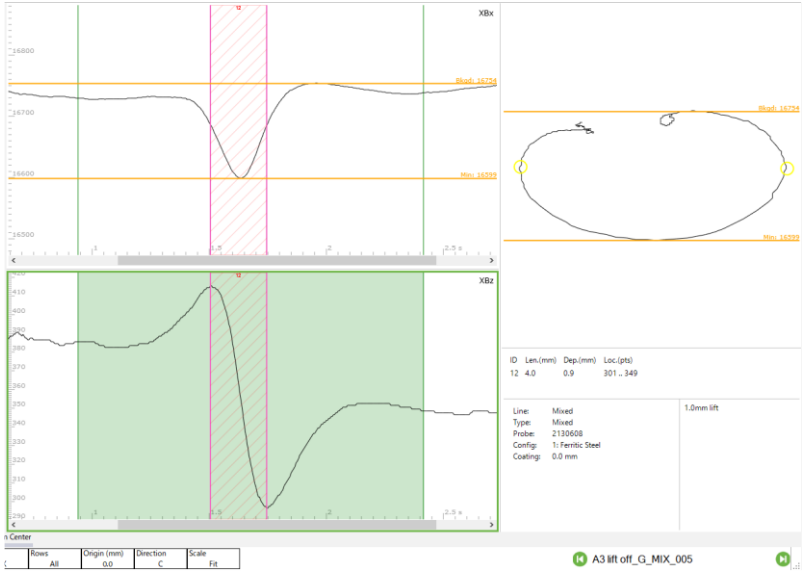
リフトオフ：0.5mm
走査角度　：0°





リフトオフ：1.0mm
走査角度　：0°

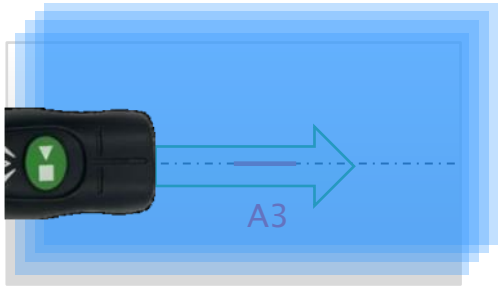


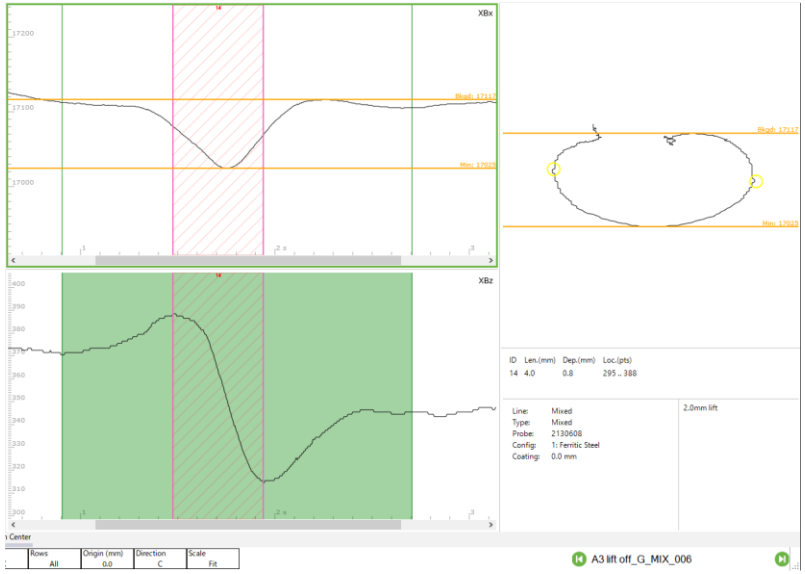


試験結果：1-(3)コーティング厚さ特性

リフトオフ：2.0mm

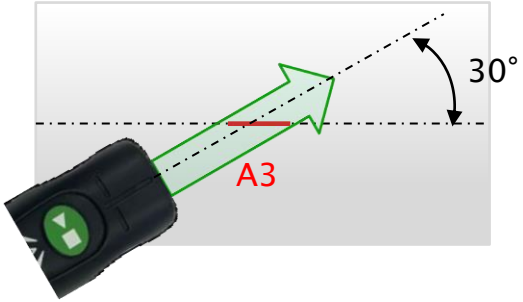
走査角度　：0°

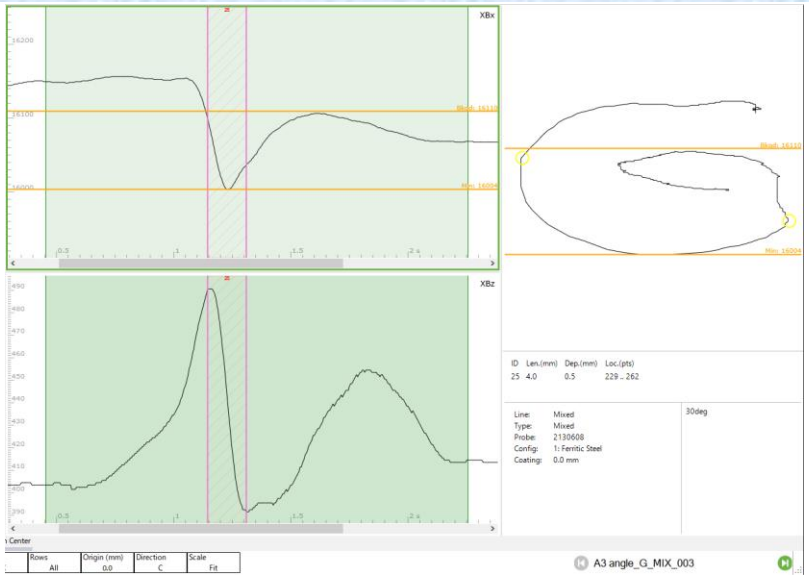




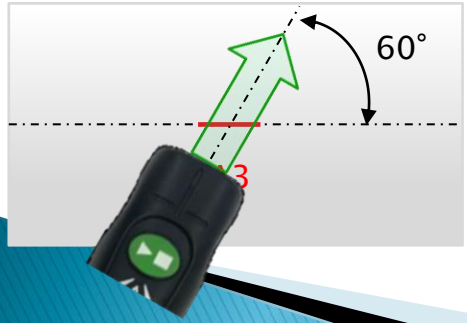
試験結果：1-(4)角度感度特性

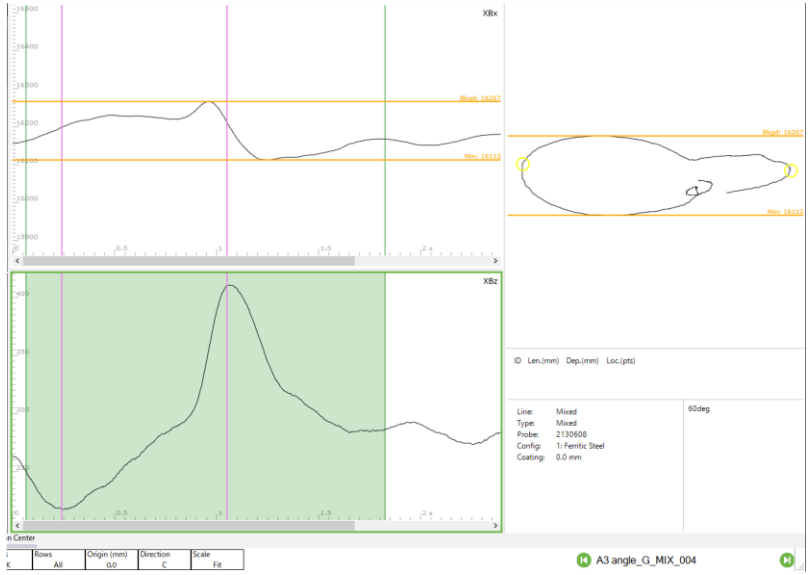
リフトオフ：0mm
走査角度　：30°





リフトオフ：0mm
走査角度　：60°

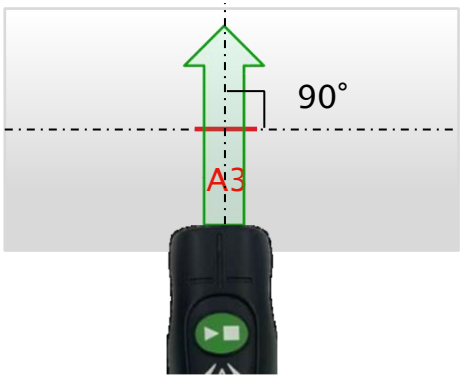


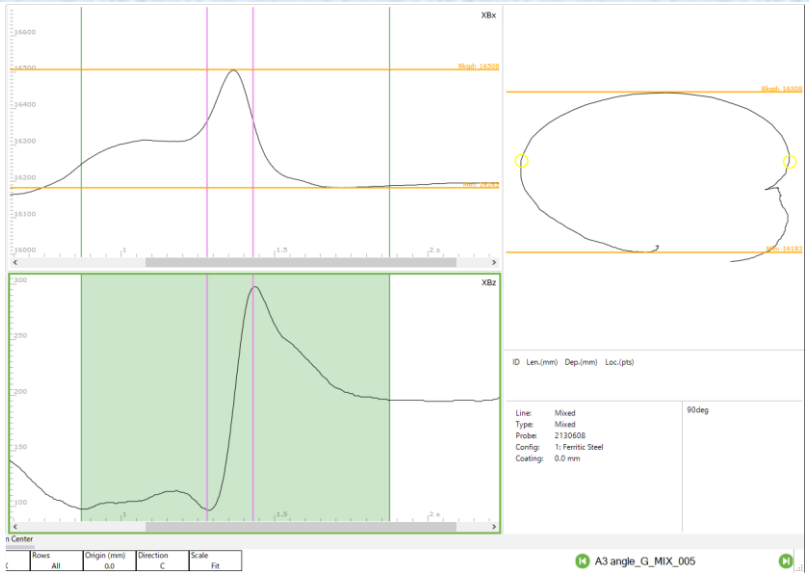


試験結果：1-(4)角度感度特性

リフトオフ：0mm

走査角度　：90°

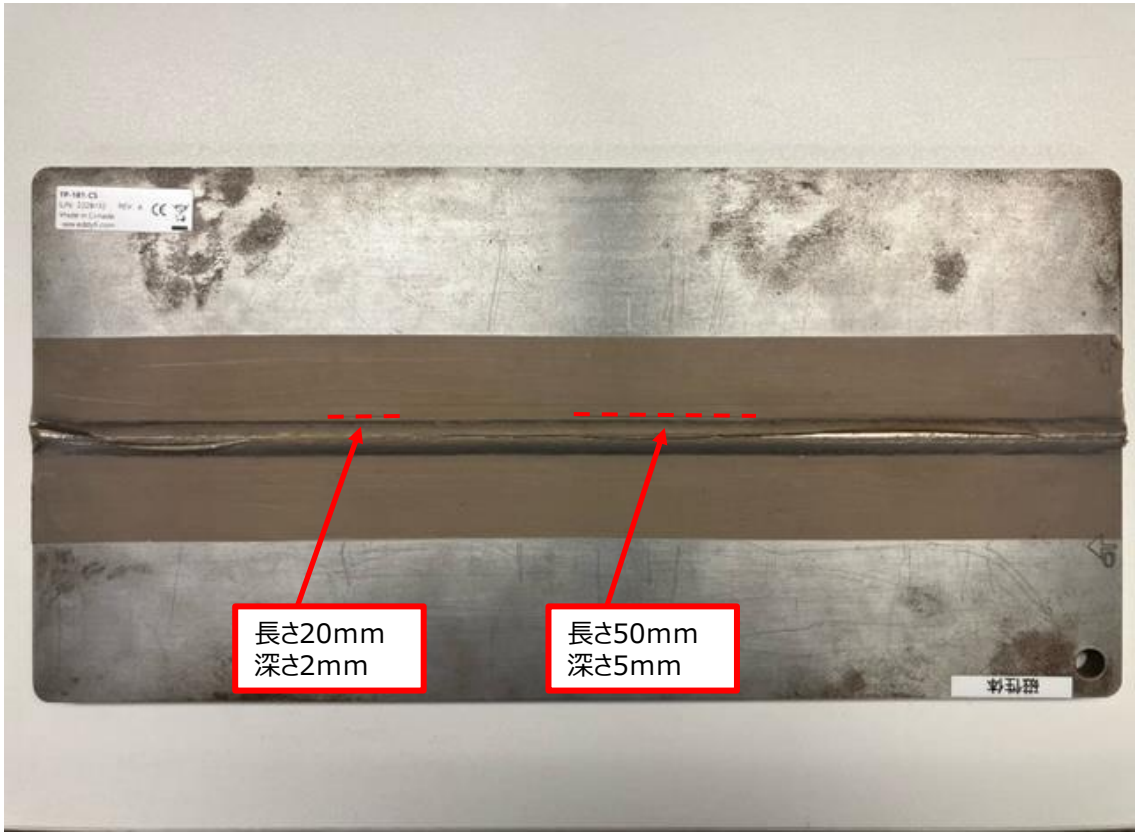




試験結果： 2 TP-181-CS (20L×2Dスリット)

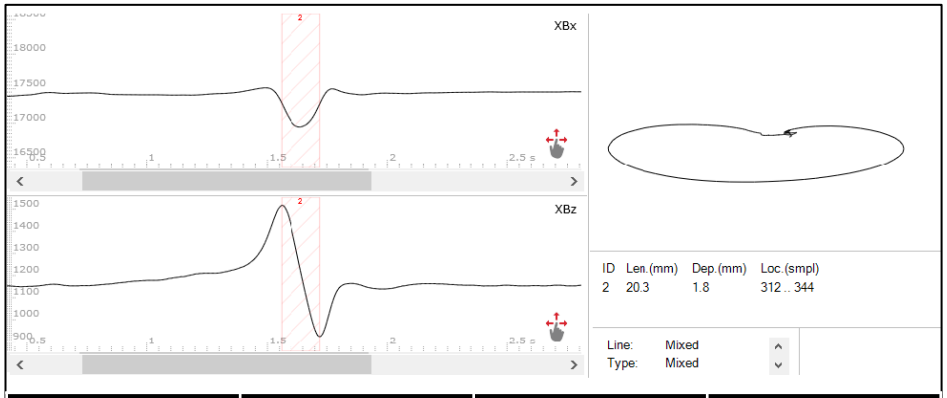
試験片概要

ACFMプローブの検出性能が長さ4mm以上であること、深さ評価の精度は長さ10mm以上の欠陥が対象であることを考慮し、参考として本試験片の長さ20mm深さ2mmの欠陥のデータを採取した。



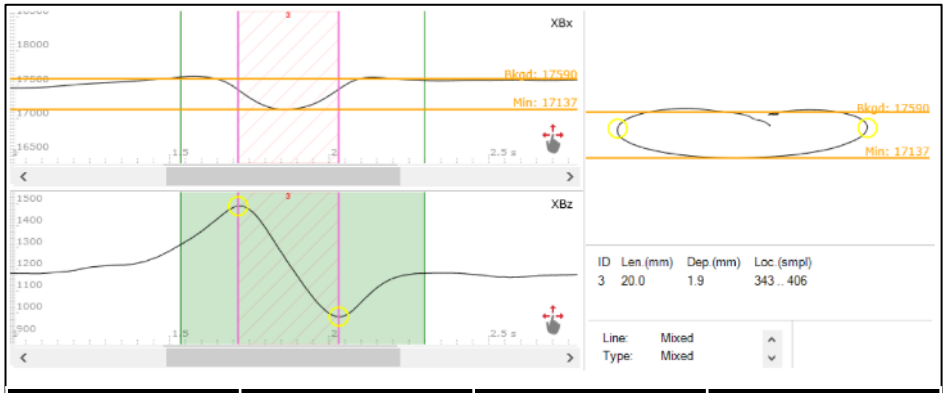
試験結果：2 TP-181-CS (20L×2Dスリット)

コーティング：0μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
20L×2Dスリット	20.3	1.8	0

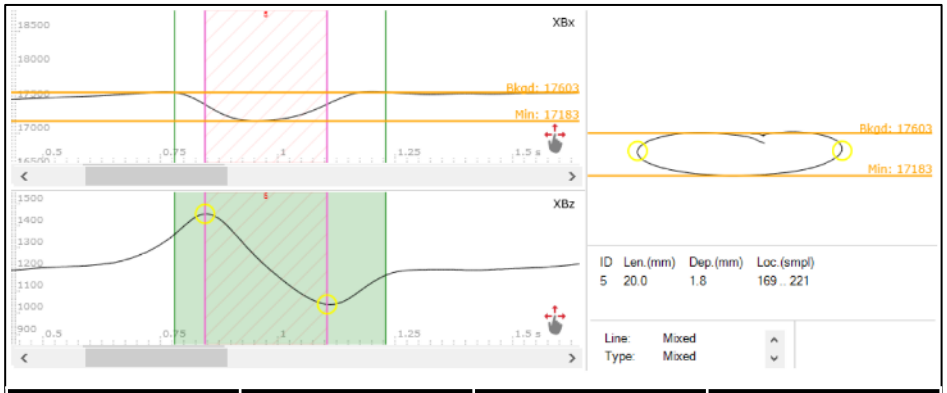
コーティング：500μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
20L×2Dスリット	20.0	1.9	500μm

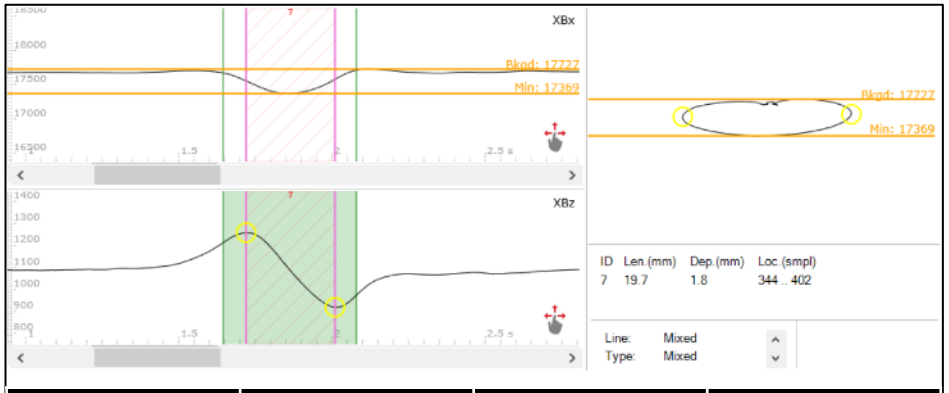
試験結果：2 TP-181-CS (20L×2Dスリット)

コーティング：1000μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
20L×2Dスリット	20.0	1.8	1000μm

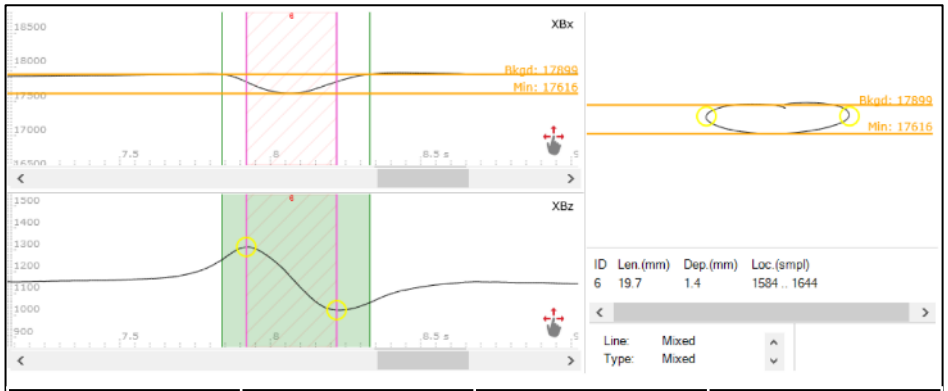
コーティング：1500μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
20L×2Dスリット	19.7	1.8	1500μm

試験結果：2 TP-181-CS (20L×2Dスリット)

コーティング：2000μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
20L×2Dスリット	19.7	1.4	2000μm

試験結果：2 TP1

試験片概要

番号	材質	形状	余盛の有無	ｺｰﾃｨﾝｸﾞ 厚さ(μm)	位置	きず性状	長さ(mm)	深さ(mm)	幅(mm)
S9	SPV490Q	平板	無	0	平板表面	矩形ｽﾘｯﾄ	4.0	1.5	0.25
S10	SPV490Q	平板	無	0	平板表面	矩形ｽﾘｯﾄ	3.0	1.5	0.25
S11	SPV490Q	平板	無	0	平板表面	矩形ｽﾘｯﾄ	2.0	1.5	0.25

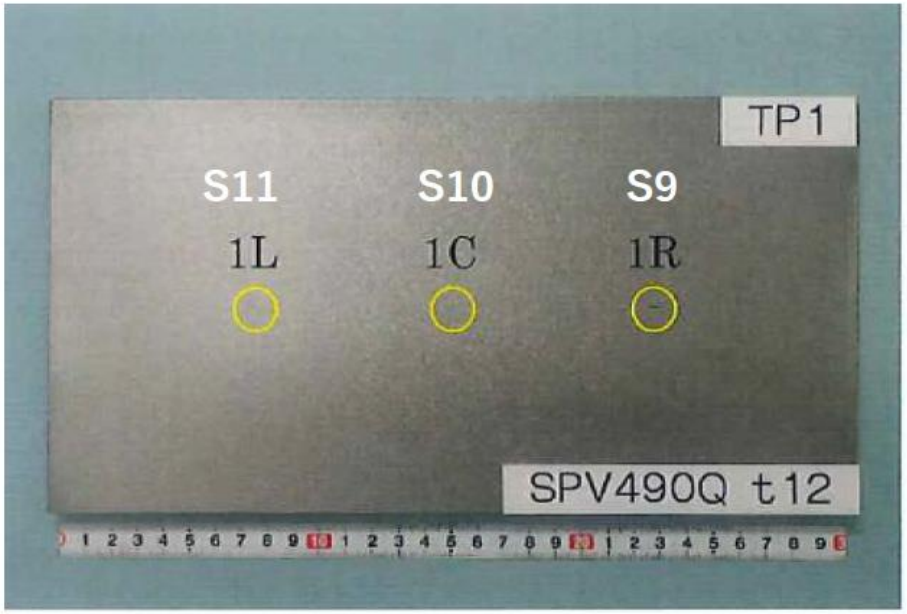
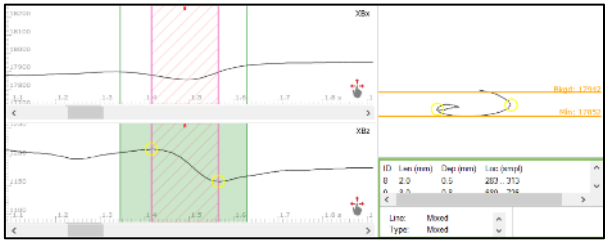


表 5 溝寸法計測値

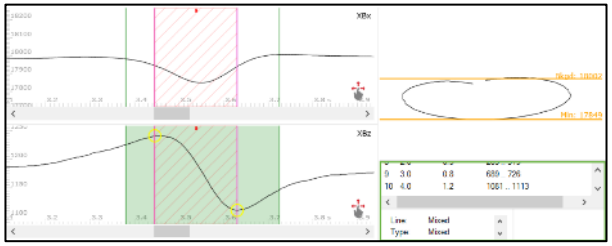
試験片	きず名称	長さ(mm)			幅(mm)			深さ(mm)		
		目標(±0.1)	実測値	誤差	目標(±0.2)	実測値	誤差	目標	実測値	誤差
TP1	1L	2.0	2.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.56	0.06
	1C	3.0	3.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.53	0.03
	1R	4.0	4.05	0.05	0.25	0.31	0.06	1.5	1.6	0.1
TP2	2	4.0	3.96	-0.04	0.25	0.26	0.01	1.0	1.22	0.22
TP3	3	4.0	3.92	-0.08	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.06	0.06
TP4	4	4.0	4.02	0.02	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.31	0.31
TP5	5L	4.0	3.97	-0.03	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.24	0.24
	5R	4.0	4.03	0.03	0.25	0.26	0.01	1.5	1.65	0.15

試験結果：2 TP1

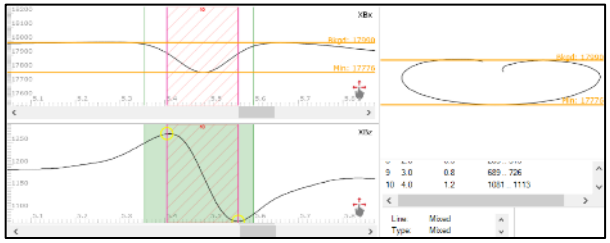
コーティング：0μm



S11



S10

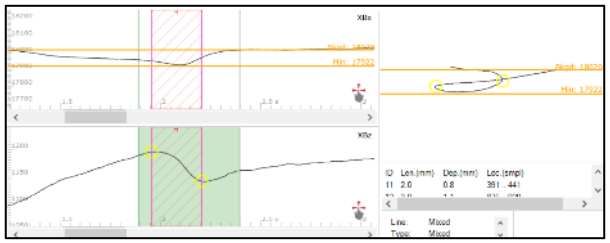


S9

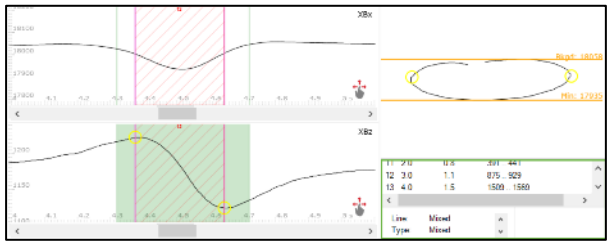
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S11	2.0	0.5	0
S10	3.0	0.8	0
S9	4.0	1.2	0

試験結果：2 TP1

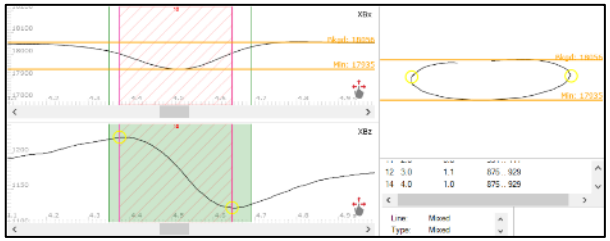
コーティング：500μm



S11



S10

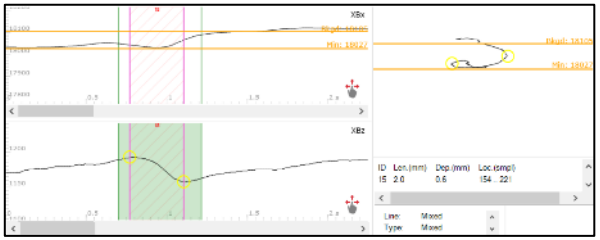


S9

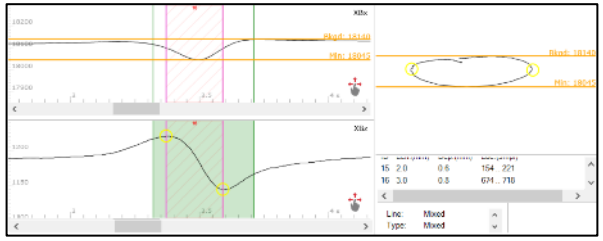
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S11	2.0	0.8	500μm
S10	3.0	1.1	500μm
S9	4.0	1.5	500μm

試験結果：2 TP1

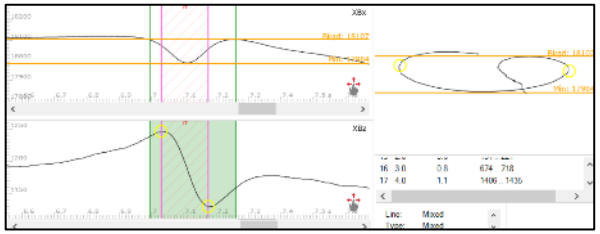
コーティング：1000μm



S11



S10

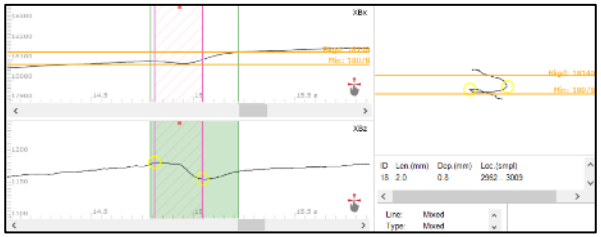


S9

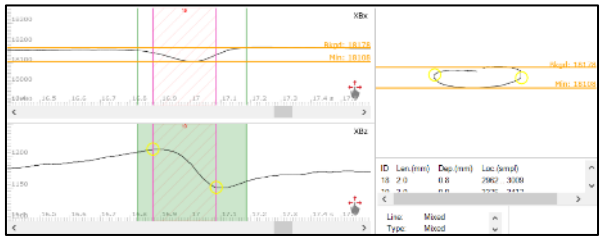
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S11	2.0	0.6	1000μm
S10	3.0	0.8	1000μm
S9	4.0	1.1	1000μm

試験結果：2 TP1

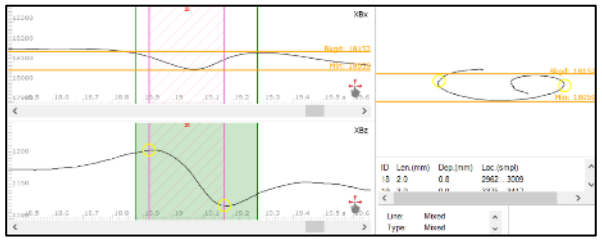
コーティング：1500μm



S11



S10

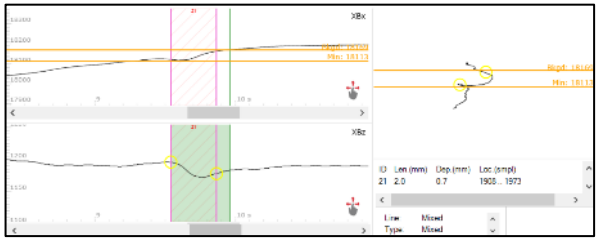


S9

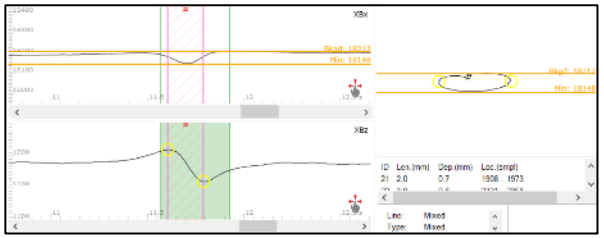
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S11	2.0	0.8	1500μm
S10	3.0	0.9	1500μm
S9	4.0	1.3	1500μm

試験結果：2 TP1

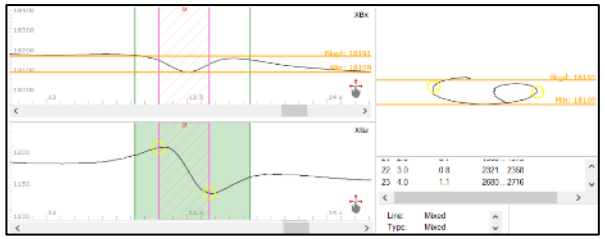
コーティング：2000μm



S11



S10



S9

欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S11	2.0	0.7	2000μm
S10	3.0	0.8	2000μm
S9	4.0	1.1	2000μm

試験結果：2 TP5

試験片概要

番号	材質	形状	余盛の有無	ｺｰﾃｨﾝｸﾞ厚さ(μm)	位置	きず性状	長さ(mm)	深さ(mm)	幅(mm)
S15	SS400	平板	無	0	平板表面	矩形ｽﾘｯﾄ	4.0	1.0	0.25
S16	SS400	平板	無	0	平板表面	円弧ｽﾘｯﾄ	4.0	1.5	0.25

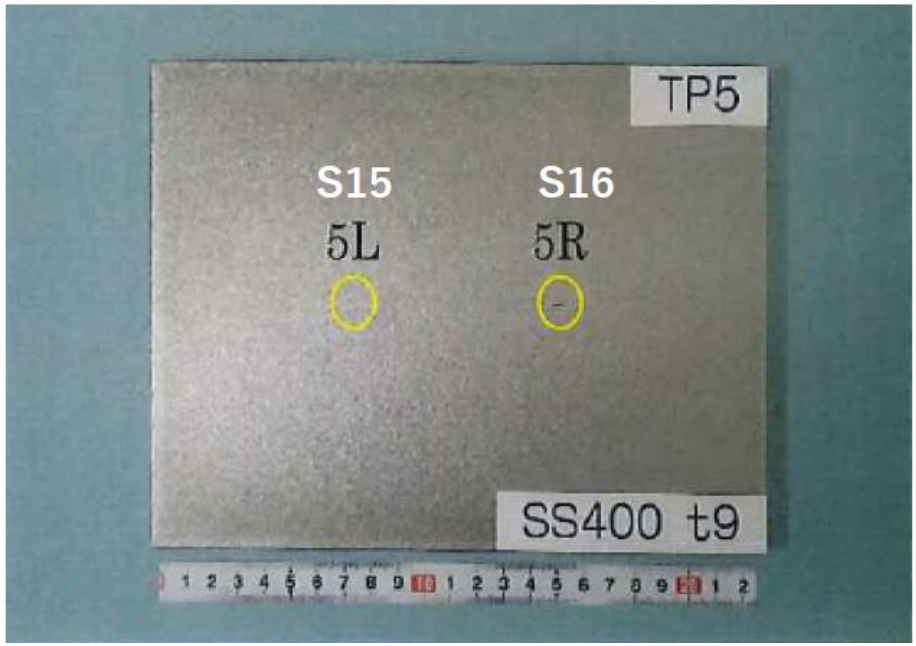
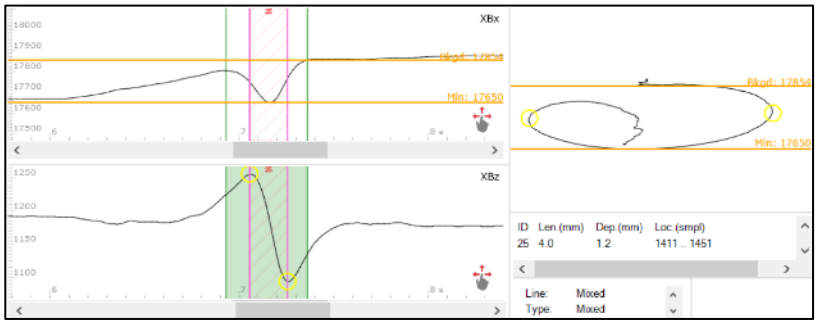


表 5 溝寸法計測値

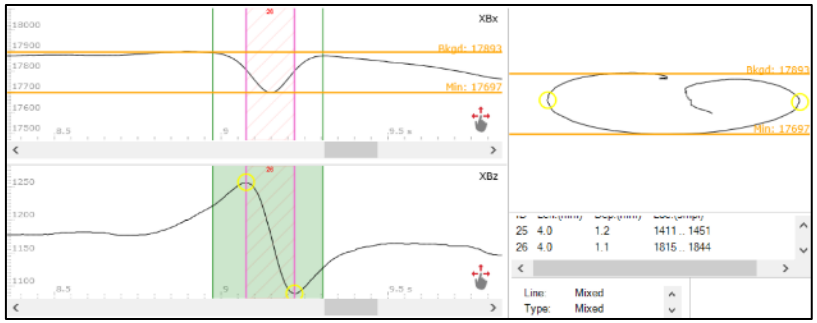
試験片	きず名称	長さ(mm)			幅(mm)			深さ(mm)		
		目標(±0.1)	実測値	誤差	目標(±0.2)	実測値	誤差	目標	実測値	誤差
TP1	1L	2.0	2.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.56	0.06
	1C	3.0	3.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.53	0.03
	1R	4.0	4.05	0.05	0.25	0.31	0.06	1.5	1.6	0.1
TP2	2	4.0	3.96	-0.04	0.25	0.26	0.01	1.0	1.22	0.22
TP3	3	4.0	3.92	-0.08	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.06	0.06
TP4	4	4.0	4.02	0.02	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.31	0.31
TP5	5L	4.0	3.97	-0.03	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.24	0.24
	5R	4.0	4.03	0.03	0.25	0.26	0.01	1.5	1.65	0.15

試験結果：2 TP5

コーティング：0μm



S15

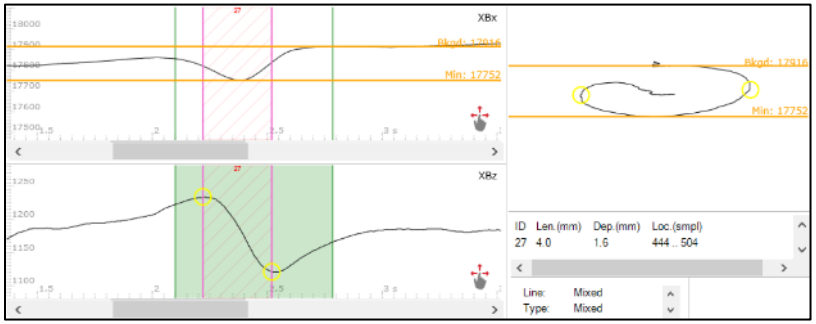


S16

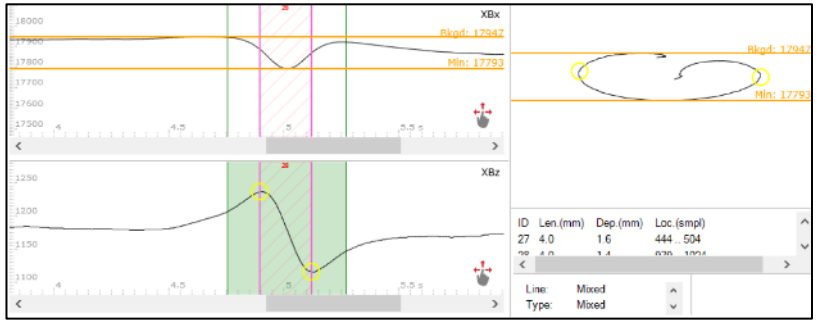
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S15	4.0	1.2	0
S16	4.0	1.1	0

試験結果：2 TP5

コーティング：500μm



S15

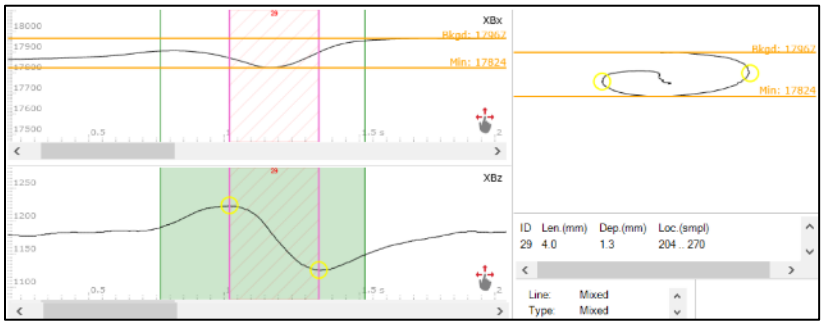


S16

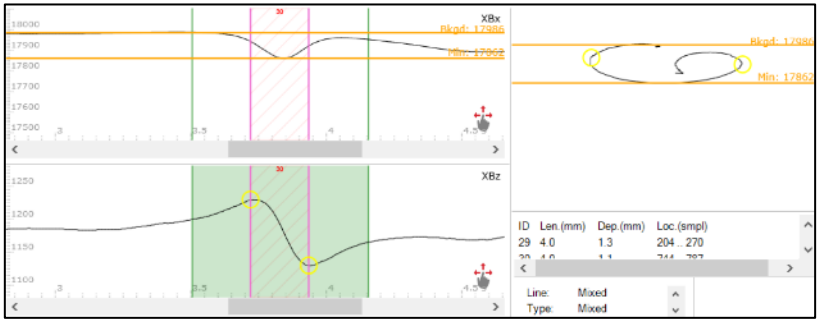
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S15	4.0	1.6	500μm
S16	4.0	1.4	500μm

試験結果：2 TP5

コーティング：1000μm



S15

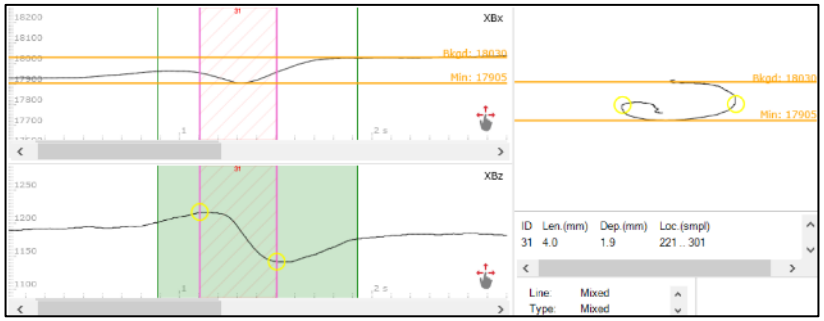


S16

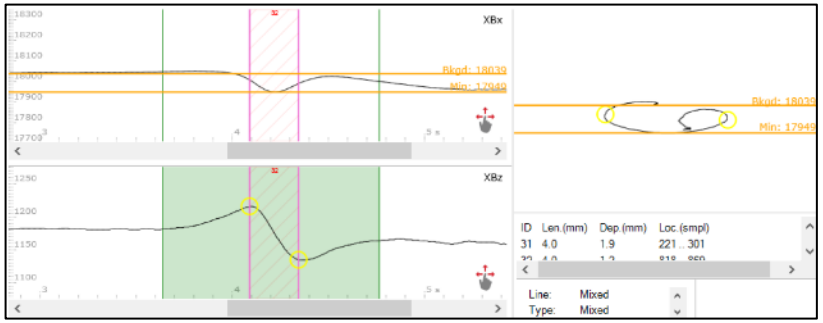
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S15	4.0	1.3	1000μm
S16	4.0	1.1	1000μm

試験結果：2 TP5

コーティング：1500μm



S15

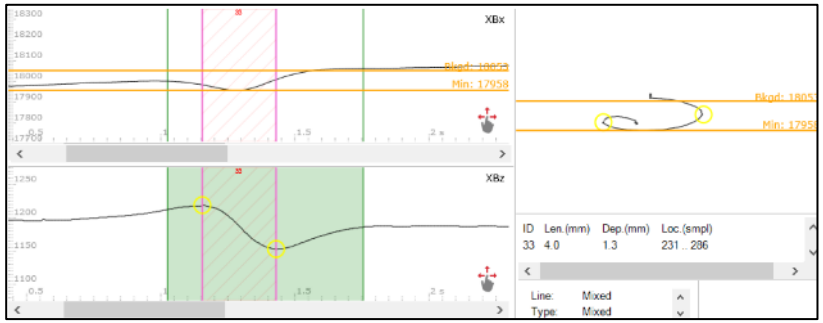


S16

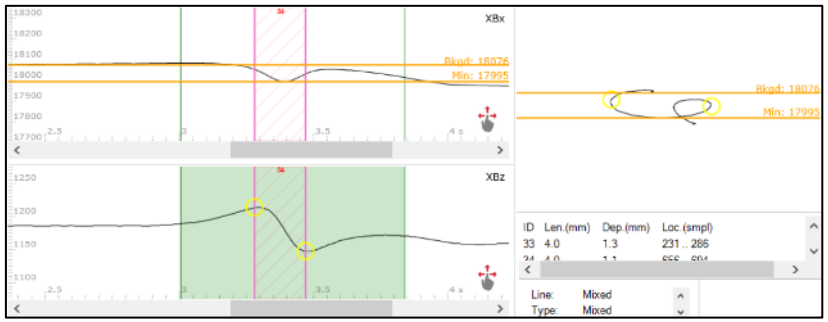
欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S15	4.0	1.9	1500μm
S16	4.0	1.2	1500μm

試験結果：2 TP5

コーティング：2000μm



S15



S16

欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S15	4.0	1.3	2000μm
S16	4.0	1.1	2000μm

試験結果：2 TP2

試験片概要

番号	材質	形状	余盛の有無	ｺｰﾃｨﾝｸﾞ厚さ(μm)	位置	きず性状	長さ(mm)	深さ(mm)	幅(mm)
S12	SS400	重ね継手	綺麗な手動	0	溶接止端	矩形ｽﾘｯﾄ	4.0	1.0	0.25

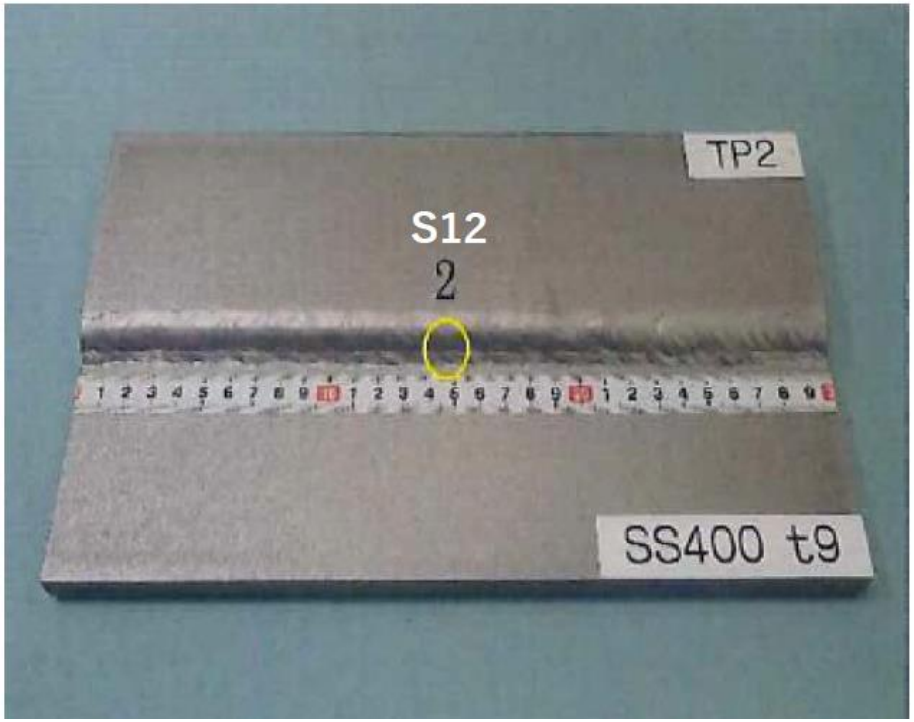


写真36 TP2 放電加工溝2 外観

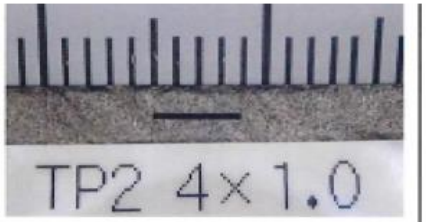


写真37 TP2 放電加工溝2 外観(拡大)

表5 溝寸法計測値

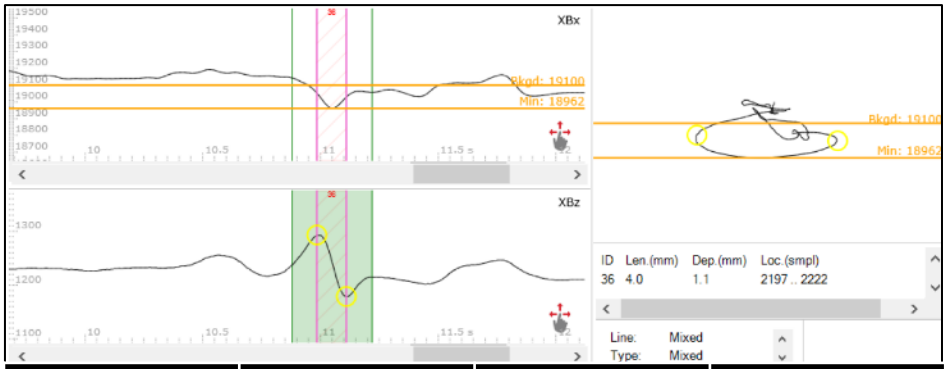
試験片	きず名称	長さ(mm)			幅(mm)			深さ(mm)		
		目標(±0.1)	実測値	誤差	目標(±0.2)	実測値	誤差	目標	実測値	誤差
TP1	1L	2.0	2.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.56	0.06
	1C	3.0	3.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.53	0.03
	1R	4.0	4.05	0.05	0.25	0.31	0.06	1.5	1.6	0.1
TP2	2	4.0	3.96	-0.04	0.25	0.26	0.01	1.0	1.22	0.22
TP3	3	4.0	3.92	-0.08	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.06	0.06
TP4	4	4.0	4.02	0.02	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.31	0.31
TP5	5L	4.0	3.97	-0.03	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.24	0.24
	5R	4.0	4.03	0.03	0.25	0.26	0.01	1.5	1.65	0.15

試験結果：2 TP2

コーティング：0μm

欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S12	4.0	0.9	0

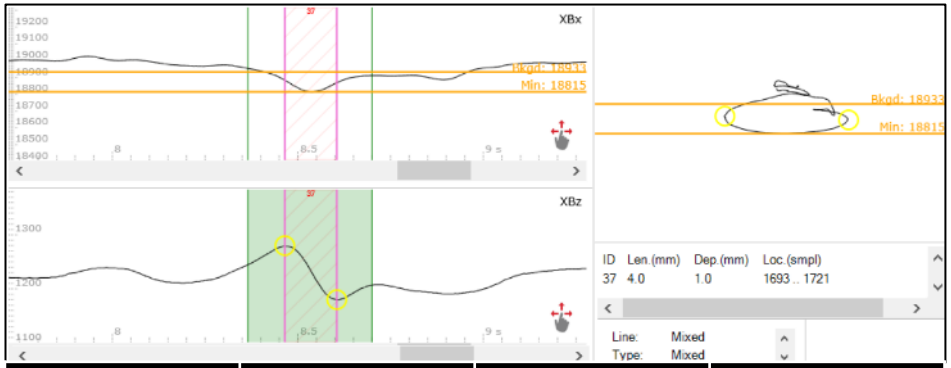
コーティング：500μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S12	4.0	1.1	500μm

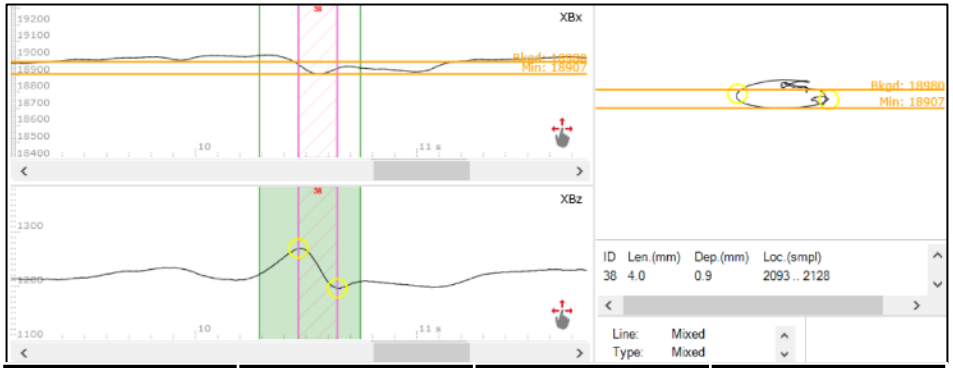
試験結果：2 TP2

コーティング：1000μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S12	4.0	1.0	1000μm

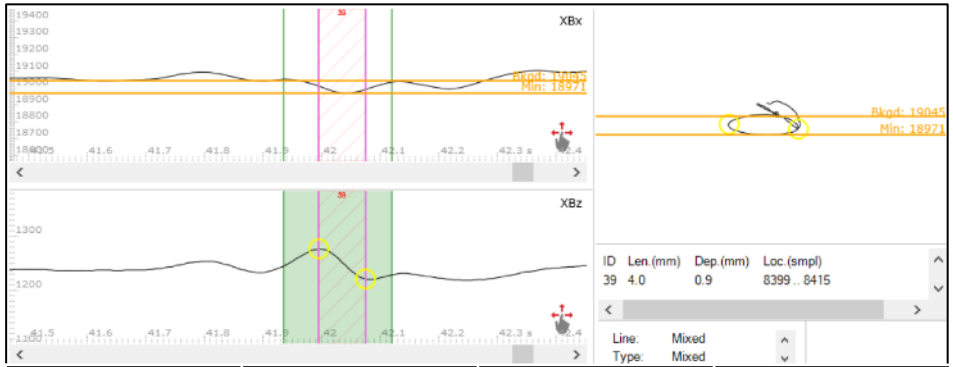
コーティング：1500μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S12	4.0	0.9	1500μm

試験結果：2 TP2

コーティング：2000μm

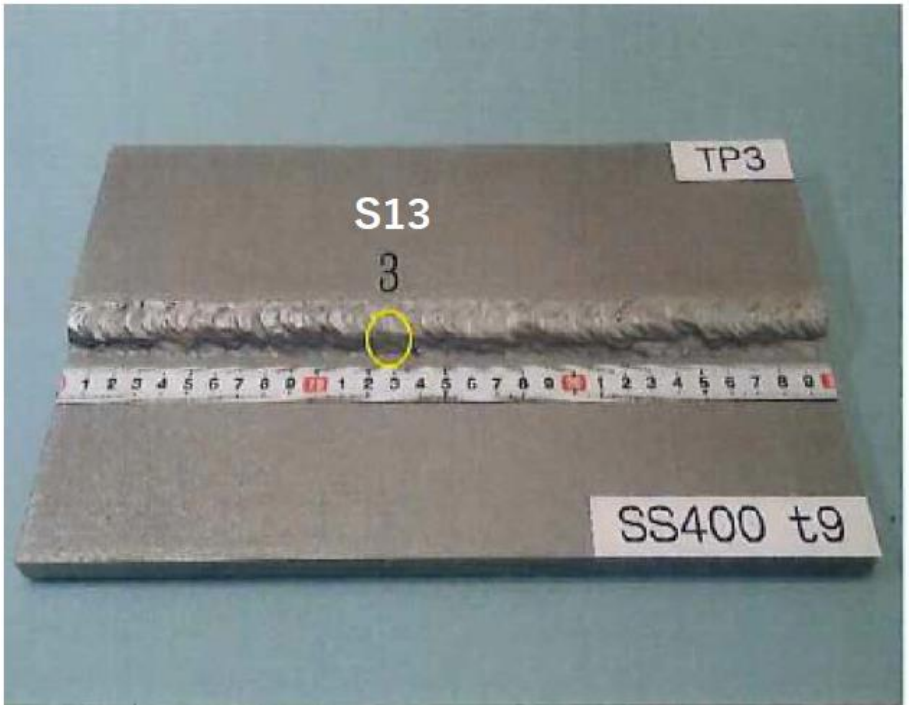


欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S12	4.0	0.9	2000μm

試験結果：2 TP3

試験片概要

番号	材質	形状	余盛の有無	ｺｰﾃｨﾝｸﾞ厚さ(μm)	位置	きず性状	長さ(mm)	深さ(mm)	幅(mm)
S13	SS400	重ね継手	荒れた手動	0	溶接止端	矩形ｽﾘｯﾄ	4.0	1.0	0.25



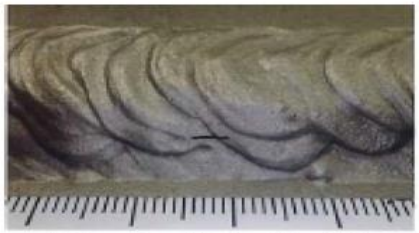


写真38 TP3 放電加工溝3 外観

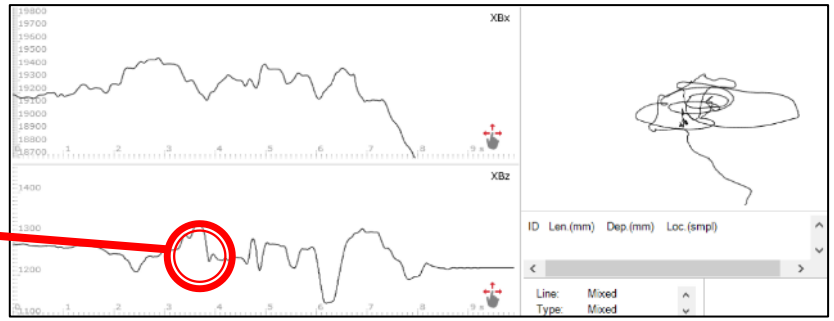
写真39 TP3 放電加工溝3 外観(拡大)

表5 溝寸法計測値

試験片	きず名称	長さ(mm)			幅(mm)			深さ(mm)		
		目標(±0.1)	実測値	誤差	目標(±0.2)	実測値	誤差	目標	実測値	誤差
TP1	1L	2.0	2.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.56	0.06
	1C	3.0	3.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.53	0.03
	1R	4.0	4.05	0.05	0.25	0.31	0.06	1.5	1.6	0.1
TP2	2	4.0	3.96	-0.04	0.25	0.26	0.01	1.0	1.22	0.22
TP3	3	4.0	3.92	-0.08	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.06	0.06
TP4	4	4.0	4.02	0.02	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.31	0.31
TP5	5L	4.0	3.97	-0.03	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.24	0.24
	5R	4.0	4.03	0.03	0.25	0.26	0.01	1.5	1.65	0.15

試験結果：2 TP3

コーティング：0μm



S13

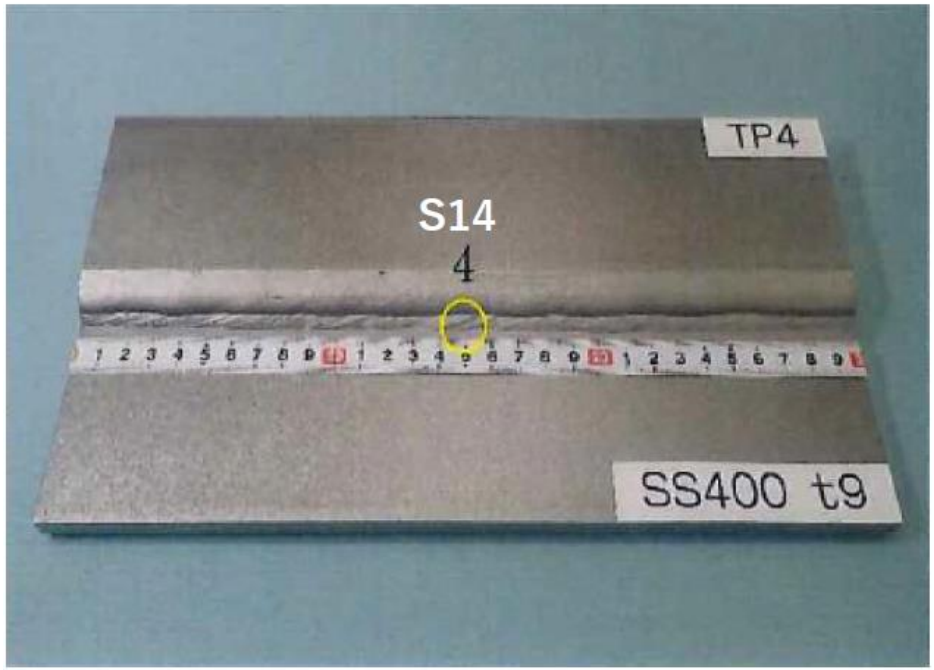
S13については形状の影響で検出は困難である

欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S13	4.0	0.3	0

試験結果：2 TP4

試験片概要

番号	材質	形状	余盛の有無	ｺｰﾃｨﾝｸﾞ 厚さ(μm)	位置	きず性状	長さ(mm)	深さ(mm)	幅(mm)
S14	SS400	重ね継手	サブマージ自動	0	溶接止端	矩形ｽﾘｯﾄ	4.0	1.0	0.25



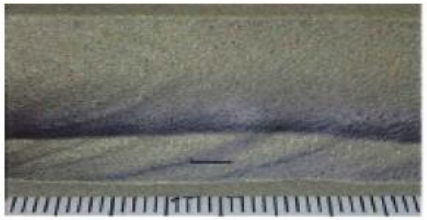


写真40 TP4 放電加工溝4 外観

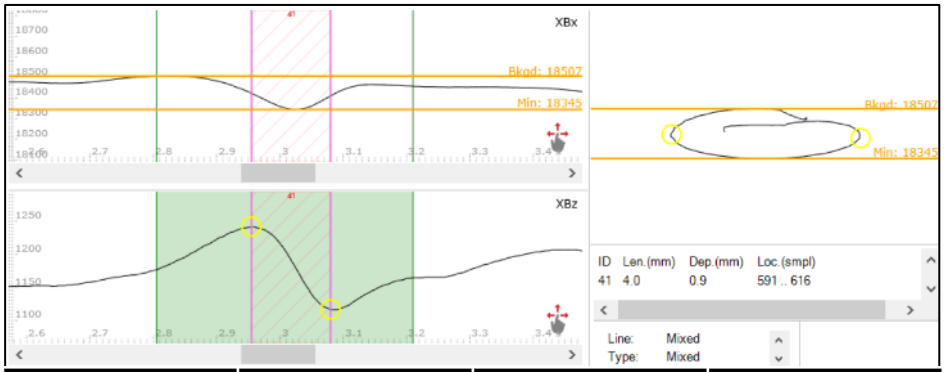
写真41 TP4 放電加工溝4 外観(拡大)

表5 溝寸法計測値

試験片	きず名称	長さ(mm)			幅(mm)			深さ(mm)		
		目標(±0.1)	実測値	誤差	目標(±0.2)	実測値	誤差	目標	実測値	誤差
TP1	1L	2.0	2.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.56	0.06
	1C	3.0	3.07	0.07	0.25	0.29	0.04	1.5	1.53	0.03
	1R	4.0	4.05	0.05	0.25	0.31	0.06	1.5	1.6	0.1
TP2	2	4.0	3.96	-0.04	0.25	0.26	0.01	1.0	1.22	0.22
TP3	3	4.0	3.92	-0.08	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.06	0.06
TP4	4	4.0	4.02	0.02	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.31	0.31
TP5	5L	4.0	3.97	-0.03	0.25	0.24	-0.01	1.0	1.24	0.24
	5R	4.0	4.03	0.03	0.25	0.26	0.01	1.5	1.65	0.15

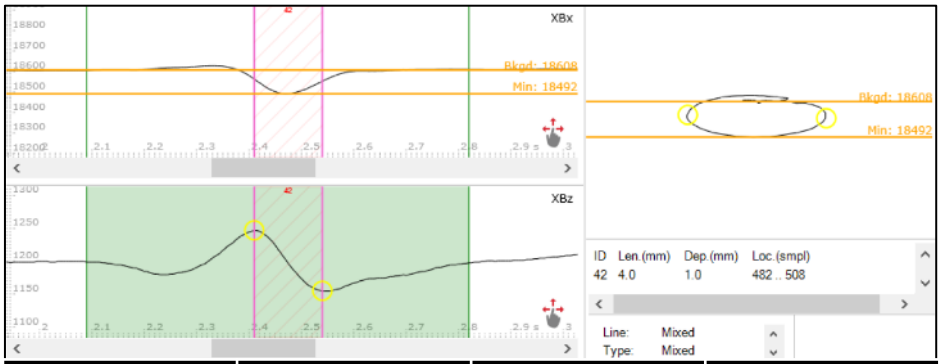
試験結果：2 TP4

コーティング：0μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S14	4.0	0.9	0

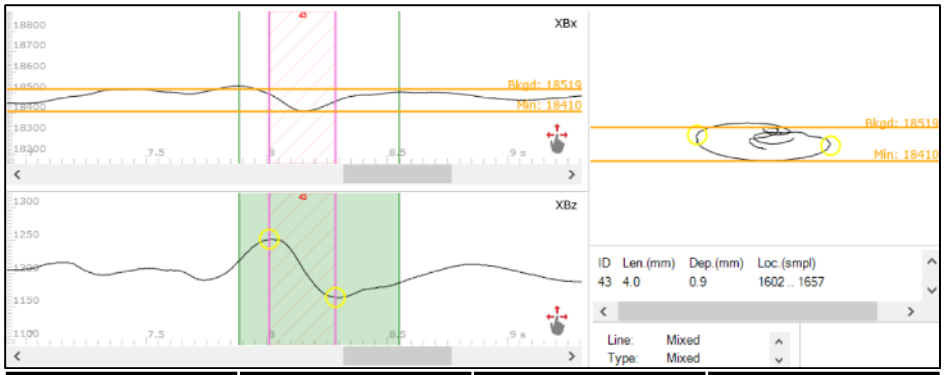
コーティング：500μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S14	4.0	1.0	500μm

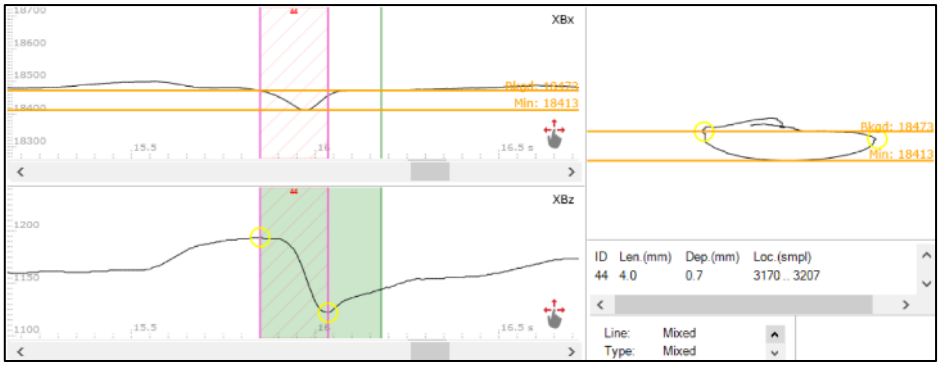
試験結果：2 TP4

コーティング：1000μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S14	4.0	0.9	1000μm

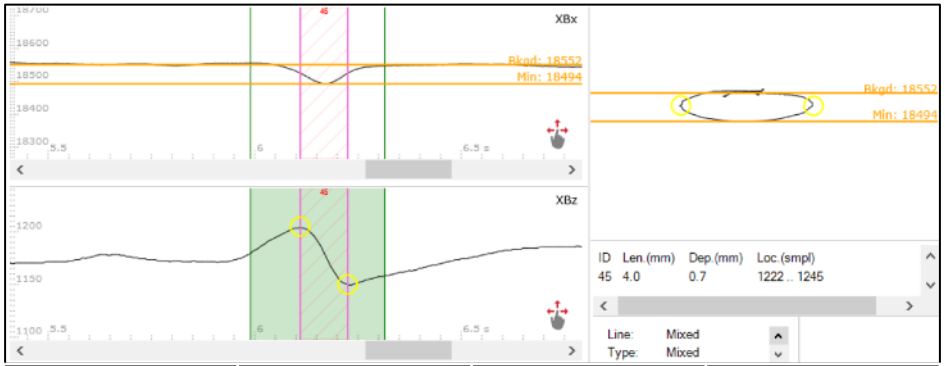
コーティング：1500μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S14	4.0	0.7	1500μm

試験結果： ２ TP4

コーティング：2000μm



欠陥番号	長さ / mm	深さ評価 / mm	コーティング厚さ
S14	4.0	0.7	2000μm

まとめ

結果として「綺麗な手動溶接/S12」「サブマージ自動溶接/S14」の溶接線上の４mm長さの欠陥はコーティング２mmであってもリサージュ上でバタフライマークが確認出来たが、「荒れた手動溶接/S13」の溶接線上の４mm長さの欠陥については、コーティングが無くても検出は困難であった。このことから、ACFMにおいてはコーティングの厚さよりも、表面形状の条件が検出性に対して大きく影響を及ぼすことが確認できた。

またACFMの特徴として欠陥の長さの情報を与えることによって、欠陥の深さを評価することが出来るが、特に４mmより小さな欠陥ではコーティングの厚さの影響を大きく受けることが確認できた。

＊本システムの公称最小欠陥検出能力：4mm長さ/0.5mm深さ(リフトオフ無し)
＊深さサイジング機能：10mm長さ以上の欠陥(それ以下では精度が下がる)

ご清聴ありがとうございました。

ダイヤ電子応用株式会社
DIA ELECTRONICS APPLICATION CO., LTD.