

**Verfahren zur Bestimmung der Kaltriss-Neigung nach
dem Laserschweißen von Stahlfeinblech**

**Method to determine cold crack susceptibility after laser welding
of thin steel sheet**

**Beiblatt zu
SEP 1220-3**

Bezug auf SEP 1220-3, 2. Ausgabe April 2025

Related to SEP 1220-3, 2nd edition April 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck
2	Geltungsbereich
3	Probenvorbereitung
3.1	Reinigung
3.2	Beölung
4	Prüfbedingungen
4.1	Zusätzliche Hinweise
5	Durchführung der Schweißung
5.1	Vollständige Durchschweißung
5.2	Partielle Durchschweißung
5.3	Durchführung
5.4	Anzahl der Prüfungen
6	Zerstörungsfreie Prüfung
6.1	Sichtprüfung
7	Auswertung
7.1	Rissarten
7.2	Risslängen
8	Dokumentation
8.1	Muster-Dokumentationsblatt

Anhang: Partielle Penetration

Table of contents

1	Purpose
2	Scope
3	Sample preparation
3.1	Cleaning
3.2	Oiling
4	Test conditions
4.1	Additional hints
5	Welding procedure
5.1	Full penetration
5.2	Partial penetration
5.3	Procedure
5.4	Number of tests
6	Non-destructive testing
6.1	Visual testing
7	Evaluation
7.1	Crack types
7.2	Crack lengths
8	Documentation
8.1	Example documentation sheet

Annex: Partial Penetration

1 Zweck

Dieses Beiblatt zu SEP 1220-3 beschreibt ein Prüfverfahren zur Bestimmung der Kaltrissempfindlichkeit beim Laserstrahlschweißen (verzögerte Rissbildung).

Das Prüfverfahren wurde auf der Basis von Ringversuchen im VDEh entwickelt.

2 Geltungsbereich

Dieses Beiblatt zu SEP 1220-3 gilt für die Prüfung der Kaltrissempfindlichkeit beim Laser-schweißen von galvanisierten Stählen mit $R_m > 980$ MPa mit einer Dicke um 1,5 mm.

Allgemeine Festlegungen finden sich in SEP 1220-3.

3 Probenvorbereitung

Das Material wird in zwei Oberflächenzuständen untersucht:

- „technisch“ sauber, siehe 3.1
- definiert beölt (3 g/m^2) beidseitig, siehe 3.2

3.1 Reinigung

Ziel der Reinigung ist das Erzeugen einer technisch sauberen Oberfläche für die definierte Beölung und die nachfolgenden Schweißuntersuchungen.

Die Reinigung der metallischen Oberflächen kann zweistufig durchgeführt werden (in Anlehnung an SEP 1220-6). Abweichungen hiervon sind zulässig und zu dokumentieren.

3.2 Beölung

Die Beölung soll reale Bedingungen an kalt umgeformten Stählen simulieren. Die Schweißungen werden mit der beölte Probe durchgeführt.

Nach der Reinigung werden die Einzelbleche mit 3 g/m^2 je Seite beölt, z. B. durch Tauchbeölung. Eine alternative Beölungsmethode ist zulässig und zu dokumentieren.

Die Beölungsmenge wird gravimetrisch mittels Waage oder mittels Ölschichtdickenmessgerät kontrolliert.

1 Purpose

This supplementary sheet to SEP 1220-3 describes a test method to determine the cold crack susceptibility during laser beam welding (delayed cracking).

The test method was developed based on round robin testing within VDEh.

2 Scope

This supplementary sheet to SEP 1220-3 is valid for testing the cold crack sensitivity during laser beam welding of galvanised steels with $R_m > 980$ MPa and a thickness around 1.5 mm.

General information is provided in SEP 1220-3.

3 Sample preparation

The material shall be investigated in two surface conditions:

- ‘technically’ clean, see 3.1
- defined oiling (3 g/m^2) each side, see 3.2

3.1 Cleaning

Goal of cleaning is to create a technically clean surface for defined oiling and the subsequent welding investigations.

Cleaning of the metallic surfaces can be carried out in two steps (following SEP 1220-6). Deviations from this are allowed and shall be documented.

3.2 Oiling

Oiling shall simulate real conditions on cold formed steels. Welding is carried out on the oiled sample.

After cleaning, the single sheets are oiled on each face with 3 g/m^2 . For example by dip oiling. An alternative oiling method is allowed and shall be documented.

The amount of oil is checked gravimetrically with a scale or with an oil layer thickness measuring device.

4 Prüfbedingungen

Die Prozessparameter werden in Anlehnung an SEP 1220-3 bestimmt.

4.1 Zusätzliche Hinweise

- Das Entfernen der Schweißbrauche ist sicherzustellen.
- Die Umgebungstemperatur und -feuchte sind zu dokumentieren.

5 Durchführung der Schweißung

Zwei Verfahren werden angewendet:

- Vollständige Durchschweißung (siehe SEP 1220-3, Abschnitt 5.1)
- Partielle Durchschweißung

5.1 Vollständige Durchschweißung

Die Parameterbestimmung und die Durchführung der Schweißung für die vollständige Durchschweißung erfolgt entsprechend SEP 1220-3, allerdings ohne Leistungsrampe am Nahtende.

5.2 Partielle Durchschweißung

- Laserleistung = 5.6 kW (ohne Leistungsrampe am Nahtende)
- Schweißgeschwindigkeit v_{s3} :
v muss so eingestellt werden, dass an mindestens einer Position der Naht gerade noch eine Durchschweißung erreicht wird (siehe **Bild A.1**). Eine vollständige Durchschweißung der gesamten Naht ist nicht erlaubt.
- Die ersten und letzten 5 mm der Schweißung werden bei der Bewertung nicht betrachtet.

5.3 Durchführung

- Die Spannvorrichtung nach SEP 1220-3, **Bild 2** ist zu verwenden.
- Zwei Steppnähte von jeweils 25 mm Länge werden in entgegengesetzter Richtung ausgeführt, siehe **Bild 1**.
- Eine Zeitverzögerung von 10 s nach Naht 1 ist einzuhalten, bevor Naht 2 ausgeführt wird.
- Wartezeit 10 s vor dem Entklammern.

4 Test conditions

Process parameters are determined based on SEP 1220-3.

4.1 Additional hints

- Removal of welding fumes must be ensured
- Ambient temperature and moisture shall be documented.

5 Welding procedure

Two procedures are applied:

- Full penetration (see SEP 1220-3, clause 5.1)
- Partial penetration

5.1 Full penetration

For full penetration, parameters are determined and welding is performed in accordance with SEP 1220-3, however, without power ramp at the end of the seam.

5.2 Partial penetration

- Laser power = 5.6 kW (without a power ramp at the end of seam)
- Welding speed v_{s3} :
v has to be set so that full penetration is achieved in at least one position or section along the weld length (see **Figure A.1**). Full penetration along the entire weld length is not allowed.
- The first and the last 5 mm of the weld are not considered for the assessment.

5.3 Procedure

- The clamping device according to SEP 1220-3, **Figure 2** shall be used.
- Two stitch welds of each 25 mm length are carried out in opposite directions, see **Figure 1**.
- A time delay of 10 s after weld 1 must be maintained before carrying out weld 2.
- Waiting time 10 s before unclamping.

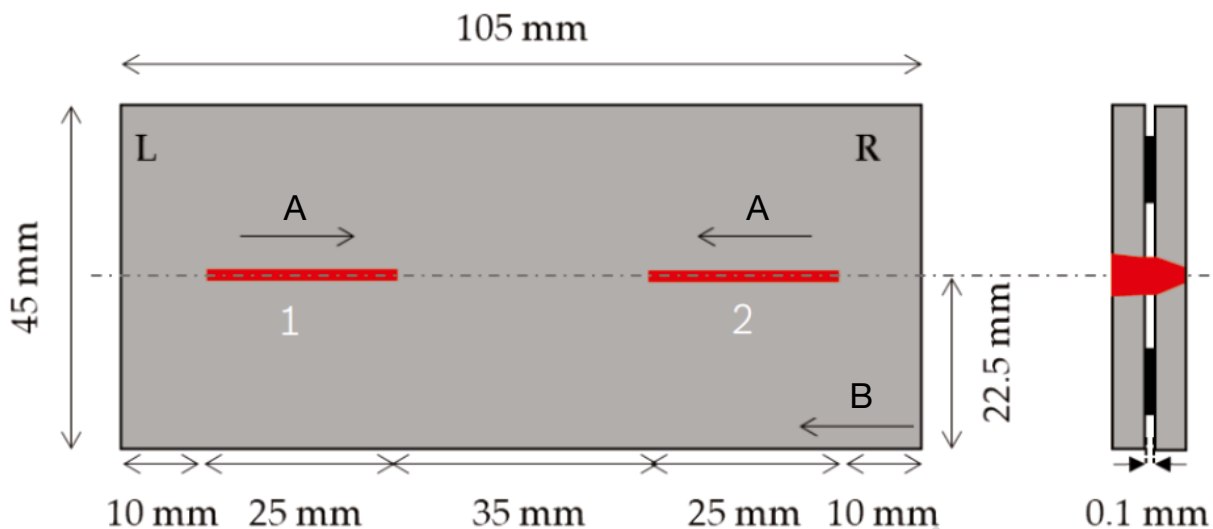


Bild 1. Geschweißte Probe
A = Schweißrichtung
B = Walzrichtung

Figure 1. Welded sample
A = Weld direction
B = Rolling direction

5.4 Anzahl der Prüfungen

- Anzahl Proben: 10
- Schweißnähte: 20
- Schweißbedingungen: 2 (vollständige und partielle Durchschweißung)
- Oberflächenzustände: 2 (gereinigt nach 3.1, beölt nach 3.2)

Summe: 40 Proben mit 80 Nähten

5.4 Number of tests

- Number of samples: 10
- Joints: 20
- Welding conditions: 2 (full penetration, partial penetration)
- Surface conditions: 2 (cleaned as per 3.1, oiled as per 3.2)

Sum: 40 samples with 80 seams

6 Zerstörungsfreie Prüfung

6.1 Sichtprüfung

Jede Probe ist bei mindestens 10facher Vergrößerung unter dem Stereomikroskop zu bewerten.

Werden bei der Sichtprüfung keine Risse festgestellt, muss ein anderes ZfP-Verfahren angewendet werden (Magnetpulverprüfung, Durchstrahlungsprüfung)

6 Non-destructive testing

6.1 Visual testing

Each sample must be evaluated at minimum 10 times magnification under the stereo microscope.

If no cracks are identified by visual testing, another NDT method shall be applied (magnetic particle inspection, x-ray testing)

7 Auswertung

Die Anzahl aller Risse länger als der Endkater-Riss ist ≥ 7 Tage nach dem Schweißen zu bestimmen.

7 Evaluation

The number of all cracks longer than the end crater crack is to be determined ≥ 7 days after welding.

7.1 Rissarten

Rissarten in der WEZ oder Schmelzlinie nach **Bild 2**:

- Längsriss – Mittellinie
- Längsriss – verlässt die Mittellinie aber bleibt in der Schweißnaht
- Längsriss – WEZ
- Querriss
- Andere (Fehler, bitte kommentieren)

7.2 Risslängen

Risslängen in WEZ oder Schmelzlinie nach **Bild 2**

- 0 – Endkraterriss
- 1 – Kurzriss (< 1/3 Nahtlänge)
- 2 – Mittegroßer Riss (< 1/2 Nahtlänge)
- 3 – Voller Riss
- 4 – kein Riss

7.1 Crack types

Crack types in HAZ or fusion zone, according to **Figure 2**:

- Longitudinal crack – centerline
- longitudinal crack – leaves center but remains in the weld
- longitudinal crack – HAZ
- transversal crack
- other (defects, please comment)

7.2 Crack lengths

Crack lengths in HAZ or fusion zone according to **Figure 2**

- 0 – end crater crack
- 1 – short crack (< 1/3 of weld length)
- 2 – mid size crack (< 1/2 of weld length)
- 3 – full crack
- 4 – no crack

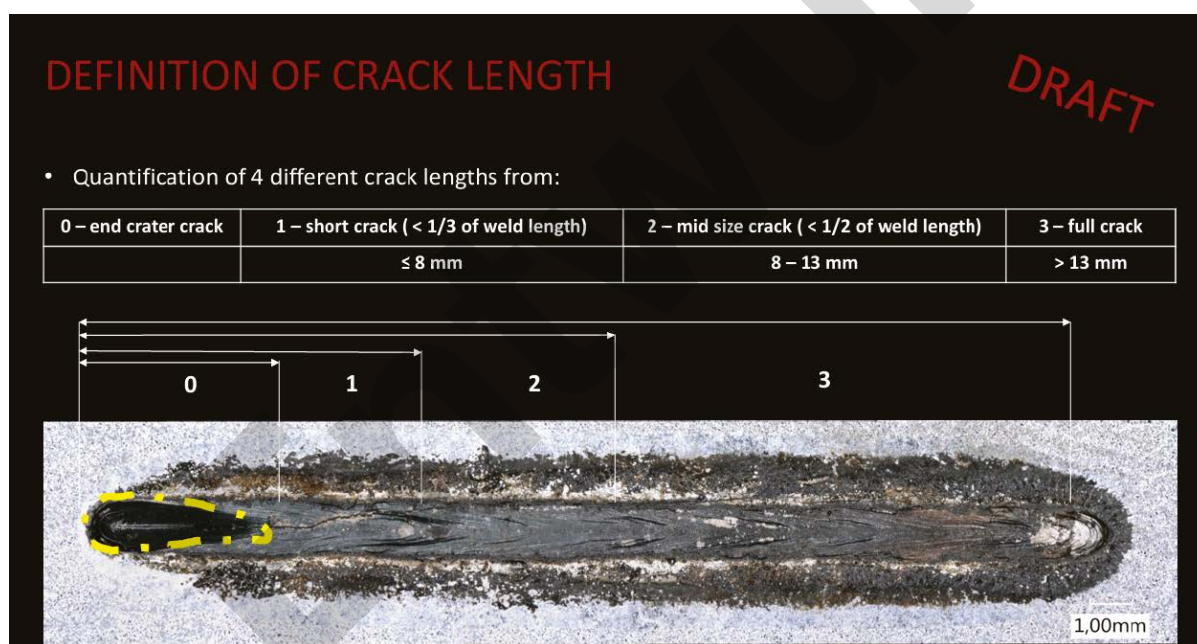


Bild 2. Beispiele für die Klassifizierung nach Risslängen

Figure 2. Examples of crack length classification

Hinweis: Endkraterrisse entstehen durch Erstarrungsschwindung (Heißrisse) wenn die Schweißnaht gestoppt wird (gegenüber Kaltrissen nach dem Schweißen). Die Endkratergröße hängt von den Schweißbedingungen ab (z. B. kann beim Roboterschweißen das „fliegende Schweißen“ diesen Effekt reduzieren).

Note: End crater cracks are due to solidification shrinkage (hot cracks) when stopping the weld seam (vs. cold cracks after welding). End crater size depends on welding conditions (e.g., when robot welding, the ‘on the fly’ method can reduce this effect).

8 Dokumentation

Die folgenden Angaben sind zu dokumentieren:

- Werkstoffbezeichnung
- Oberflächenzustand
- Dokumentation der Laser-Einrichtung
- Schweißparameter
- Rissart
- Anzahl der Risse (bzw. keine)

8.1 Muster-Dokumentationsblatt

Zur Dokumentation der Kaltrissneigung ist das folgende Muster-Dokumentationsblatt (Excel) zur Bild-Dokumentation zu verwenden:

- Photo-Dokumentation (Ober- und Unterseite) mindestens einer Probe je Kombination, bei Verwendung einer Kamera oder eines (Stereo-) Mikroskops bei einer angemessenen Vergrößerung (jpg-Format)
- 1 Mikroschliff für vollständige Durchschweißung ist zu dokumentieren
- 1 Mikroschliff für partielle Durchschweißung ist zu dokumentieren
- Proben, die bei der Sichtprüfung keine Risse zeigten, werden mit Magnetpulverprüfung oder Durchstrahlungsprüfung geprüft. Digitale Röntgenbilder werden nach DIN EN ISO 14096 dokumentiert.

8 Documentation

The following information is to be documented:

- Material designation
- Surface condition
- Documentation of laser setup
- Welding parameters
- Crack type
- Number of cracks (or none)

8.1 Example documentation sheet

For documentation of the cold crack formation the attached example documentation sheet (Excel) on picture documentation is to be used:

- Photo documentation (both upper and root sides) of at least one sample for each combination using a camera or a (stereo) microscope at an adequate magnification (jpg format)
- 1 cross-section for full penetration is to be documented
- 1 cross-section for partial penetration is to be documented
- Samples which did not show any crack during visual inspection are tested by magnetic particle testing or x-ray testing. Digital X-ray films are documented according to EN ISO 14096.

Anhang: Partielle Penetration

Annex: Partial Penetration



Bild A.1: Korrekte Schweißgeschwindigkeit

Figure A.1: Welding speed correct



Bild A.2: Schweißgeschwindigkeit zu hoch

Figure A.2: Welding speed too high

Supplier	
Werkstoffsorte (VDA-Bezeichnung) Material grade (VDA Nomenclature)	
Schweißgeschwindigkeit (m/min) Welding Speed (m/min)	
Schweißgeschwindigkeit bei 4 kW (nach SEP) Schweißgeschwindigkeit bei 5,6 kW (Partielle Durchschweißung) Welding speed at 4 kW (SEP) Welding speed at 5.6 kW (PP)	
Which NDT method is chosen after visual testing?	

Entwurf

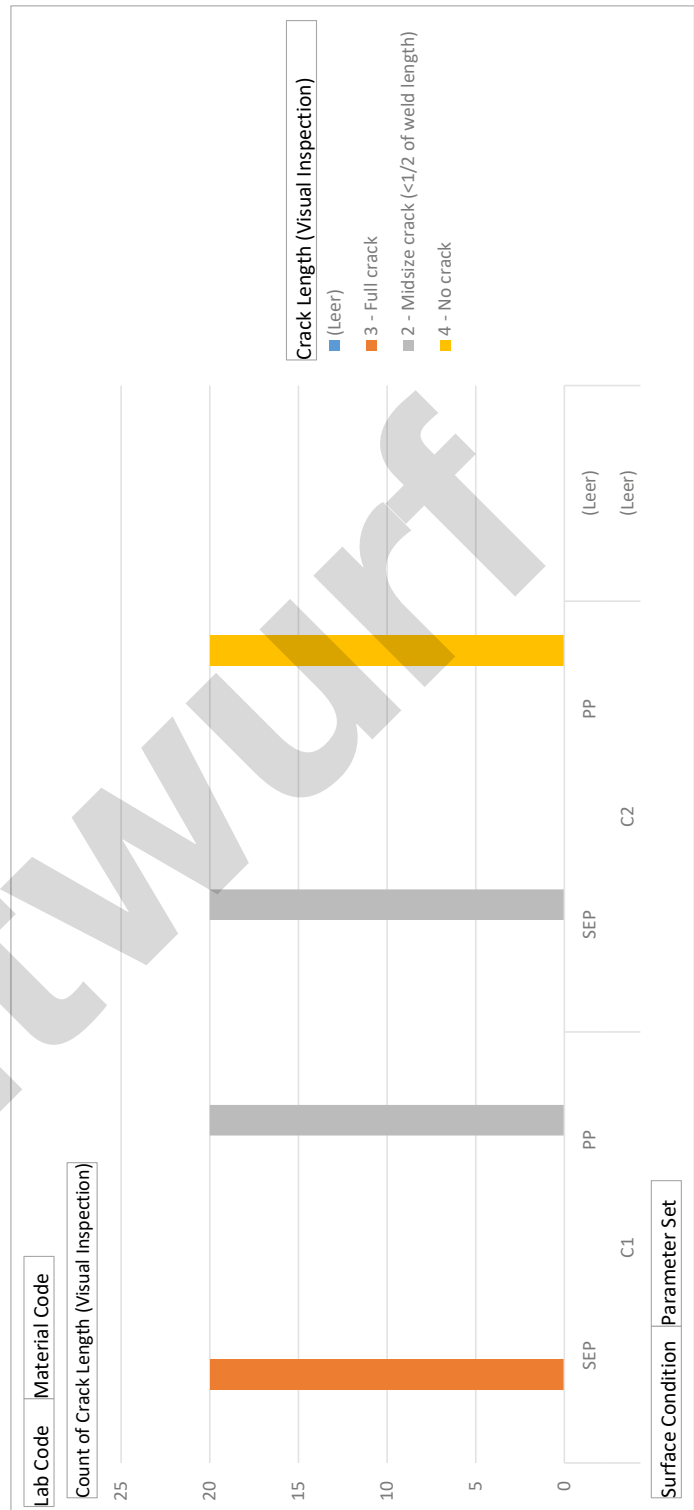
Lab Code	Material Code	Surface Condition	Parameter Set	Coupon Number	Sample Name	Crack Length (Visual Inspection)	Crack Type (Visual Inspection)	Crack Length (NDT)	Crack Type (NDT)	Comment
0	0	C1	SEP	1,1	0_0_C1_SEP_1,1					
0	0	C1	SEP	1,2	0_0_C1_SEP_1,2					
0	0	C1	SEP	2,1	0_0_C1_SEP_2,1					
0	0	C1	SEP	2,2	0_0_C1_SEP_2,2					
0	0	C1	SEP	3,1	0_0_C1_SEP_3,1					
0	0	C1	SEP	3,2	0_0_C1_SEP_3,2					
0	0	C1	SEP	4,1	0_0_C1_SEP_4,1					
0	0	C1	SEP	4,2	0_0_C1_SEP_4,2					
0	0	C1	SEP	5,1	0_0_C1_SEP_5,1					
0	0	C1	SEP	5,2	0_0_C1_SEP_5,2					
0	0	C1	SEP	6,1	0_0_C1_SEP_6,1					
0	0	C1	SEP	6,2	0_0_C1_SEP_6,2					
0	0	C1	SEP	7,1	0_0_C1_SEP_7,1					
0	0	C1	SEP	7,2	0_0_C1_SEP_7,2					
0	0	C1	SEP	8,1	0_0_C1_SEP_8,1					
0	0	C1	SEP	8,2	0_0_C1_SEP_8,2					
0	0	C1	SEP	9,1	0_0_C1_SEP_9,1					
0	0	C1	SEP	9,2	0_0_C1_SEP_9,2					
0	0	C1	SEP	10,1	0_0_C1_SEP_10,1					
0	0	C1	SEP	10,2	0_0_C1_SEP_10,2					
0	0	C2	SEP	1,1	0_0_C2_SEP_1,1					
0	0	C2	SEP	1,2	0_0_C2_SEP_1,2					
0	0	C2	SEP	2,1	0_0_C2_SEP_2,1					
0	0	C2	SEP	2,2	0_0_C2_SEP_2,2					
0	0	C2	SEP	3,1	0_0_C2_SEP_3,1					
0	0	C2	SEP	3,2	0_0_C2_SEP_3,2					

Lab Code	Material Code	Surface Condition	Parameter Set	Coupon Number	Sample Name	Crack Length (Visual Inspection)	Crack Type (Visual Inspection)	Crack Length (NDT)	Crack Type (NDT)	Comment
0	0	C2	SEP	4,1	0_0_C2_SEP_4,1					
0	0	C2	SEP	4,2	0_0_C2_SEP_4,2					
0	0	C2	SEP	5,1	0_0_C2_SEP_5,1					
0	0	C2	SEP	5,2	0_0_C2_SEP_5,2					
0	0	C2	SEP	6,1	0_0_C2_SEP_6,1					
0	0	C2	SEP	6,2	0_0_C2_SEP_6,2					
0	0	C2	SEP	7,1	0_0_C2_SEP_7,1					
0	0	C2	SEP	7,2	0_0_C2_SEP_7,2					
0	0	C2	SEP	8,1	0_0_C2_SEP_8,1					
0	0	C2	SEP	8,2	0_0_C2_SEP_8,2					
0	0	C2	SEP	9,1	0_0_C2_SEP_9,1					
0	0	C2	SEP	9,2	0_0_C2_SEP_9,2					
0	0	C2	SEP	10,1	0_0_C2_SEP_10,1					
0	0	C2	SEP	10,2	0_0_C2_SEP_10,2					
0	0	C1	PP	1,1	0_0_C1_PP_1,1					
0	0	C1	PP	1,2	0_0_C1_PP_1,2					
0	0	C1	PP	2,1	0_0_C1_PP_2,1					
0	0	C1	PP	2,2	0_0_C1_PP_2,2					
0	0	C1	PP	3,1	0_0_C1_PP_3,1					
0	0	C1	PP	3,2	0_0_C1_PP_3,2					
0	0	C1	PP	4,1	0_0_C1_PP_4,1					
0	0	C1	PP	4,2	0_0_C1_PP_4,2					
0	0	C1	PP	5,1	0_0_C1_PP_5,1					
0	0	C1	PP	5,2	0_0_C1_PP_5,2					
0	0	C1	PP	6,1	0_0_C1_PP_6,1					
0	0	C1	PP	6,2	0_0_C1_PP_6,2					

Lab Code	Material Code	Surface Condition	Parameter Set	Coupon Number	Sample Name	Crack Length (Visual Inspection)	Crack Type (Visual Inspection)	Crack Length (NDT)	Crack Type (NDT)	Comment
0	0	C1	PP	7,1	0_0_C1_PP_7,1					
0	0	C1	PP	7,2	0_0_C1_PP_7,2					
0	0	C1	PP	8,1	0_0_C1_PP_8,1					
0	0	C1	PP	8,2	0_0_C1_PP_8,2					
0	0	C1	PP	9,1	0_0_C1_PP_9,1					
0	0	C1	PP	9,2	0_0_C1_PP_9,2					
0	0	C1	PP	10,1	0_0_C1_PP_10,1					
0	0	C1	PP	10,2	0_0_C1_PP_10,2					
0	0	C2	PP	1,1	0_0_C2_PP_1,1					
0	0	C2	PP	1,2	0_0_C2_PP_1,2					
0	0	C2	PP	2,1	0_0_C2_PP_2,1					
0	0	C2	PP	2,2	0_0_C2_PP_2,2					
0	0	C2	PP	3,1	0_0_C2_PP_3,1					
0	0	C2	PP	3,2	0_0_C2_PP_3,2					
0	0	C2	PP	4,1	0_0_C2_PP_4,1					
0	0	C2	PP	4,2	0_0_C2_PP_4,2					
0	0	C2	PP	5,1	0_0_C2_PP_5,1					
0	0	C2	PP	5,2	0_0_C2_PP_5,2					
0	0	C2	PP	6,1	0_0_C2_PP_6,1					
0	0	C2	PP	6,2	0_0_C2_PP_6,2					
0	0	C2	PP	7,1	0_0_C2_PP_7,1					
0	0	C2	PP	7,2	0_0_C2_PP_7,2					
0	0	C2	PP	8,1	0_0_C2_PP_8,1					
0	0	C2	PP	8,2	0_0_C2_PP_8,2					
0	0	C2	PP	9,1	0_0_C2_PP_9,1					
0	0	C2	PP	9,2	0_0_C2_PP_9,2					
0	0	C2	PP	10,1	0_0_C2_PP_10,1					
0	0	C2	PP	10,2	0_0_C2_PP_10,2					

Lab Code	(All)
Material Code	(All)

Count of Crack Length (Visual Inspection) Row Labels	Column Labels (blank)	3 - Full crack	2 - Midsize crack (<1/2 of weld length)	4 - No crack	Grand Total
C1		20	20	20	40
	SEP		20		20
	PP		20		20
C2			20	20	40
	SEP		20		20
	PP			20	20
(blank)	(blank)				
Grand Total		20	40	20	80



Lab Code	(All)
Material Code	(All)

Count of Crack Length (NDT)	Column Labels (blank)	3 - Full crack	2 - Midsize crack (<1/2 of weld length)	4 - No crack	Grand Total
C1		20	20	20	40
SEP		20			20
PP			20		20
C2		20	20	20	40
SEP		20			20
PP			20		20
(blank)				20	20
Grand Total	(blank)	20	40	20	80

