

DIN EN 18007-5

ICS 25.160.10

Einsprüche bis 2023-11-01

Entwurf**Schweißen und verwandte Verfahren –
Elektromagnetisches Pulsschweißen –
Teil 5: Qualitäts- und Prüfanforderungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 18007-5:2023**

Welding and allied processes –
Electromagnetic pulse welding –
Part 5: Quality and inspection requirements;
German and English version prEN 18007-5:2023

Soudage et techniques connexes –
Soudage électromagnétique par impulsion –
Partie 5: Exigences de qualité et d'essai;
Version allemande et anglaise prEN 18007-5:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-09-01 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 65 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 18007-5:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-19 AA „Schweißen von Aluminium und anderen Leichtmetallen (DVS AG W 6)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 6520-2	siehe	DIN EN ISO 6520-2
ISO 9712	siehe	DIN EN ISO 9712

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6520-2, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen — Teil 2: Pressschweißungen*

DIN EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung*

– *Entwurf* –

E DIN EN 18007-5:2023-10

– Leerseite –

**Schweißen und verwandte Verfahren – Elektromagnetisches Pulsschweißen – Teil 5:
Qualitäts- und Prüfanforderungen**

Welding and allied processes – Electromagnetic pulse welding – Part 5: Quality and inspection requirements

Soudage et techniques connexes – Soudage électromagnétique par impulsion – Partie 5: Exigences de qualité et d'essai

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Qualitätsanforderungen	5
4.1 Allgemeines	5
4.2 Schweißpersonal	5
4.2.1 Allgemeines	5
4.2.2 Bediener von Schweißeinrichtungen	5
4.3 Inspektions- und Prüfpersonal	6
4.3.1 Allgemeines	6
4.3.2 Personal für die zerstörungsfreie Prüfung und Sichtprüfung	6
4.3.3 Personal für die zerstörende Prüfung	6
4.4 Schweißeinrichtung	6
4.4.1 Eignung der Schweißeinrichtung	6
4.4.2 Beschaffung einer Schweißeinrichtung	6
4.4.3 Reproduzierbarkeits- und Validierungsprüfungen für qualifizierte Schweißereinstellungen an Maschinen	6
4.4.4 Wartung der Schweißeinrichtung	7
4.4.5 Werkzeug für das elektromagnetische Pulsschweißen	7
4.5 Schweißanweisung (WPS)	7
4.6 Fugenvorbereitung vor dem Schweißen und Montagehilfe	7
4.6.1 Fugenvorbereitung	7
4.6.2 Reinigung vor dem Schweißen	8
4.7 Schweißen	8
4.8 Inspektion und Prüfung	8
4.8.1 Allgemeines	8
4.8.2 Inspektion und Prüfung vor dem Schweißen	8
4.8.3 Überwachung und Prüfung während des Schweißens	8
4.8.4 Überwachung und Prüfung nach dem Schweißen und Abnahmekriterien	8
4.8.5 Nachweisprüfung	9
4.8.6 Beschädigte und fehlerhafte Schweißnähte	9
4.9 Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit	9
Anhang A (informativ) Einteilung der geometrischen Unregelmäßigkeiten	10
Literaturhinweise	27

Tabellen

Tabelle A.1	11
-----------------------	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 18007-5:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Die Normenreihe EN 18007 besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Schweißwissen, Terminologie und Begriffe,
- Teil 2: Ausführung der Schweißverbindungen,
- Teil 3: Qualifizierung der Bediener und Einrichter,
- Teil 4: Spezifikation und Qualifizierung von Schweißverfahren,
- Teil 5: Qualitäts- und Prüfanforderungen.

Einleitung

Das elektromagnetische Pulsschweißen ist eine innovative Festkörperschweißtechnik, die zur Gruppe der Pressschweißverfahren gehört und auf der Nutzung elektromagnetischer Kräfte zur Verformung, Beschleunigung und Verschweißung von Werkstücken beruht. Es wird keine externe Wärmequelle verwendet, die Verbindung wird nur durch einen Hochgeschwindigkeitsaufprall hergestellt.

Der zunehmende Einsatz des elektromagnetischen Pulsschweißens hat den Bedarf für eine Norm geschaffen, um sicherzustellen, dass das Schweißen so effektiv wie möglich durchgeführt wird und dass eine geeignete Steuerung aller Aspekte des Arbeitsablaufs erfolgt.

Um effektiv zu sein, sollten bei der Produktion und beim Einsatz von geschweißten Produkten keine Probleme auftreten. Damit dieses Ziel erreicht wird, ist es notwendig, von der Gestaltungsphase bis hin zur Auswahl von Werkstoffen, Herstellung und Prüfung Kontrollmechanismen zur Verfügung zu stellen. Beispielsweise kann eine schlechte Gestaltung Schwierigkeiten in der Werkstatt oder beim Einsatz hervorrufen. Falsche Prozessparameter und/oder eine falsche Auswahl von Werkstoffen können zu Problemen beim Schweißen führen. Schweißverfahren müssen korrekt formuliert und zugelassen sein, um Fehlstellen zu vermeiden. Um die Herstellung eines Qualitätsproduktes sicherzustellen, muss die verantwortliche Leitung potentielle Fehlerquellen erkennen und entsprechende Qualitätssicherungs- und Prüfverfahren einführen. Es sollte eine Überwachung eingeführt werden, um sicherzustellen, dass die festgelegte Qualität erreicht wird.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Verfahren fest, mit dem die Fähigkeit des Herstellers ermittelt werden kann, das elektromagnetische Pulsschweißen zur Fertigung von Produkten mit festgelegter Qualität einzusetzen. Es legt spezifische Qualitätsanforderungen fest, weist diese Anforderungen aber keiner spezifischen Produktgruppe zu.

Der Begriff „Aluminium“ bezieht sich in diesem Dokument auf Aluminium und seine Legierungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

prEN 18007-1, *Schweißen und verwandte Verfahren — Elektromagnetisches Pulsschweißen — Teil 1: Schweißwissen, Terminologie und Begriffe*

ISO 9712, *Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel*

ISO 20807, *Non-destructive testing — Qualification of personnel for limited application of non-destructive testing*

prEN 18007-3, *Schweißen und verwandte Verfahren — Elektromagnetisches Pulsschweißen — Teil 3: Qualifizierung der Bediener und Einrichter*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 18007-1.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

4 Qualitätsanforderungen

4.1 Allgemeines

Diese Anforderungen beziehen sich nur auf die Aspekte der Produktqualität, die durch elektromagnetisches Pulsschweißen (EMPW, en: electromagnetic pulse welding) beeinflusst werden können.

4.2 Schweißpersonal

4.2.1 Allgemeines

Hersteller müssen für die Planung, Durchführung und Überwachung der elektromagnetischen Pulsschweißproduktion nach den festgelegten Anforderungen ausreichendes fachkundiges Personal zur Verfügung haben.

4.2.2 Bediener von Schweißeinrichtungen

Bediener von Schweißeinrichtungen müssen nach prEN 18007-3 qualifiziert sein. Alle Qualifizierungsunterlagen müssen auf dem neuesten Stand gehalten werden.

4.3 Inspektions- und Prüfpersonal

4.3.1 Allgemeines

Die Hersteller müssen für die Planung, Durchführung und Überwachung der Inspektions- und Prüfabläufe der EMPW-Bauteil-Produktion nach den festgelegten Anforderungen ausreichendes und fachkundiges Personal zur Verfügung haben.

4.3.2 Personal für die zerstörungsfreie Prüfung und Sichtprüfung

Personal für die zerstörungsfreie Prüfung und die Sichtprüfung muss nach ISO 9712 oder ISO 20807 qualifiziert sein. Wenn der Einsatz eines Prüfverfahrens festgelegt wird, das derzeit nicht in diesen ISO-Normen enthalten ist, muss der Hersteller für die Entwicklung des Ausbildungsprogramms, der schriftlichen Praxis, der Prüfung und der praktischen Nachweise, die den Anforderungen dieser ISO-Norm(en) entsprechen, verantwortlich sein. Diese müssen das Personal befähigen, die geforderte Prüfung durchzuführen.

4.3.3 Personal für die zerstörende Prüfung

Personal, das zerstörende Prüfung durchführt, muss für diese Prüfverfahren ausgebildet sein.

4.4 Schweißeinrichtung

4.4.1 Eignung der Schweißeinrichtung

Die Schweißeinrichtung muss für die betreffende Anwendung geeignet sein. Schweißeinrichtungen müssen in der Lage sein, Schweißnähte herzustellen, die den in 4.8.4 festgelegten Abnahmekriterien entsprechen. Schweißeinrichtungen müssen in einem guten Zustand gehalten werden und repariert oder angepasst werden, wenn ein Bediener, Prüfer oder eine Schweißaufsichtsperson Bedenken zum Leistungsvermögen der Einrichtung hinsichtlich eines zufriedenstellenden Betriebes hat.

4.4.2 Beschaffung einer Schweißeinrichtung

Nach der Installation einer neuen oder instandgesetzten Schweißeinrichtung müssen geeignete Prüfungen vorgenommen werden. Mit diesen Prüfungen muss die einwandfreie Funktion der Schweißeinrichtungen überprüft werden.

4.4.3 Reproduzierbarkeits- und Validierungsprüfungen für qualifizierte Schweißeinstellungen an Maschinen

Reproduzierbarkeitsprüfungen müssen durchgeführt werden, um zu zeigen, dass die Schweißeinrichtungen wiederholt Schweißnähte produzieren können, die den Abnahmekriterien in 4.8.4 entsprechen. Reproduzierbarkeitsprüfungen müssen durchgeführt werden, wenn einer der folgenden Vorgänge auftritt:

- nach der Installation einer neuen oder instandgesetzten Schweißeinrichtung,
- eine kritische Komponente der Schweißeinrichtung ist beschädigt, wird repariert oder ausgetauscht; oder nachdem die Schweißeinrichtung nicht mehr ordnungsgemäß funktioniert,
- die Schweißeinrichtung wird in einer Weise entfernt oder bewegt, für die sie nicht gebaut ist,
- eine stationäre Schweißeinrichtung wird von einer Stelle zur anderen bewegt.

Die Reproduzierbarkeitsprüfung muss nach der für die Produktion an dieser Maschine verwendeten WPS durchgeführt werden.

Es müssen mindestens 3 Prüfschweißungen ausgeführt und dokumentiert werden.

4.4.4 Wartung der Schweißeinrichtung

Der Hersteller muss einen dokumentierten Plan für die Wartung der Schweißeinrichtung haben. Der Plan muss Wartungsprüfungen an den Komponenten der Schweißeinrichtung sicherstellen, welche die in den entsprechenden WPS aufgeführten Einflussgrößen steuern. Der Wartungsplan darf sich auf die Punkte beschränken, die für die Herstellung von Schweißnähten, die die Qualitätsanforderungen dieses Dokuments erfüllen, wesentlich sind.

Beispiele dafür sind:

- Zustand von Führungen und mechanisierten Vorrichtungen,
- Zustand von für den Betrieb der Schweißeinrichtung verwendeten Messgeräten und Messlehren,
- Zustand von Leitungen, Schläuchen, Anschlüssen,
- Zustand der Regel-/Steuersysteme in mechanisierten und/oder automatischen Schweißeinrichtungen,
- Zustand von Thermoelementen und anderen Temperaturmessgeräten,
- Zustand der Befestigungselemente, Spannvorrichtungen, Isolierungen und Einbauten.

Vor dem Schweißen müssen Befestigungselemente, Spannvorrichtungen und Einbauten, die mit den Werkstücken in Berührung kommen, ausreichend frei von Verunreinigungen (z. B. Öl, Schmierfett und Schmutz) sein, die schädliche Auswirkungen auf die Schweißnaht haben können. Defekte Schweißeinrichtungen dürfen nicht verwendet werden.

4.4.5 Werkzeug für das elektromagnetische Pulsschweißen

4.4.5.1 Kennzeichnung

Das für die Produktion verwendete Werkzeug (Spule, Feldformer und Befestigungselemente) muss dauerhaft mit seiner Zeichnungs- oder Teilenummer gekennzeichnet werden.

4.4.5.2 Prüfung des Werkzeugs

Das Werkzeug für das elektromagnetische Pulsschweißen (Spule, Feldformer und Befestigungselemente) muss vor Schweißbeginn ausreichend frei von Verunreinigungen (z. B. Öl, Schmierfett oder Schmutz) sein, die schädliche Auswirkungen auf die Schweißnaht haben können. Die korrekte Werkzeuggeometrie ist für das Herstellen einer einwandfreien Schweißnaht entscheidend. Da sich das Werkzeug bei Gebrauch abnutzt, muss es in angemessenen Abständen und nach einem schriftlichen Prüfplan auf Abnutzung untersucht werden.

Der Hersteller muss die Nutzungsdauer des EMPW-Werkzeugs, z. B. Höchstanzahl an Schweißungen bei einer bestimmten maximalen Stromamplitude, bestimmen, die in die WPS eingetragen werden muss.

4.5 Schweißanweisung (WPS)

Der Hersteller muss sicherstellen, dass die WPS in der Produktion richtig umgesetzt wird. Siehe prEN 18007-4.

4.6 Fugenvorbereitung vor dem Schweißen und Montagehilfe

4.6.1 Fugenvorbereitung

Die Stoßfläche muss entsprechend der WPS vorbereitet werden.

4.6.2 Reinigung vor dem Schweißen

Das Reinigen vor dem Schweißen muss entsprechend der WPS erfolgen. Der Grundwerkstoff muss ausreichend frei von Oberflächenoxiden, Schutzschichten, Klebstoffen, Ölen, Schmierstoffen, Schmutz und jeder anderen Art von Verunreinigung sein, die schädliche Auswirkungen auf die Schweißnaht haben können.

4.7 Schweißen

Alle Schweißverbindungen müssen in Übereinstimmung mit einer qualifizierten WPS ausgeführt werden.

4.8 Inspektion und Prüfung

4.8.1 Allgemeines

Ort und Häufigkeit der durchzuführenden Inspektionen und Prüfungen hängen von der Produktnorm und der Konstruktionsart ab. Die nachfolgend angeführten Prüfnormen sind für das elektromagnetische Pulsschweißen nicht spezifisch. Bei Anwendung auf elektromagnetisches Pulsschweißen können Abweichungen erforderlich sein.

4.8.2 Inspektion und Prüfung vor dem Schweißen

Vor dem Beginn des Schweißens muss Folgendes verifiziert werden:

- Anwendbarkeit und Gültigkeit der Prüfbescheinigung des Bedieners,
- Anwendbarkeit der WPS,
- Legierung und Wärmebehandlungszustand des Grundwerkstoffs und des Flyer-Werkstoffs,
- Fugenvorbereitung (z. B. Form und Maße),
- Montagehilfe für die Verbindung, Spannvorrichtung und Tacking,
- Schweißparameter, die entsprechend der WPS eingestellt sind.

4.8.3 Überwachung und Prüfung während des Schweißens

Während des Schweißens muss die Schweißreihenfolge in geeigneten Zeitabständen geprüft oder kontinuierlich überwacht werden.

4.8.4 Überwachung und Prüfung nach dem Schweißen und Abnahmekriterien

4.8.4.1 Allgemeines

Die erforderlichen Prüfungen und Abnahmekriterien müssen vor Beginn der Produktion festgelegt werden. Die Übereinstimmung mit den relevanten Anwendungsnormen oder relevanten Anforderungen muss überprüft werden.

Beispiele für Konformitätsverfahren sind in prEN 18007-4:—, Anhang A angegeben:

- Sichtprüfung,
- zerstörungsfreie Prüfung,
- zerstörende Prüfung,
- Art, Form und Maße des Schweißstücks,

- Ergebnisse und Aufzeichnungen von Nachschweißarbeiten (z. B. Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Alterung).

Beispiele für übliche Unregelmäßigkeiten sind in Anhang A angegeben.

4.8.4.2 Zerstörungsfreie Prüfung

Vor der Prüfung müssen die zulässigen und unzulässigen Eigenschaften und Unregelmäßigkeiten in den Prüfvorschriften festgelegt werden.

Jedes Prüfverfahren hat seine Einschränkungen, die von der Schweißprozessvariante, den Werkstoffen und der Bauteilgeometrie abhängen. Daher ist es manchmal notwendig, ein geeignetes Prüfverfahren für eine bestimmte Schweißbaugruppe zu bestimmen.

Siehe auch prEN 18007-4:—, A.2.

4.8.4.3 Zerstörende Prüfung

Die zerstörende Prüfung muss an Fertigungsschweißungen oder gegebenenfalls an geschweißten Prüfstücken durchgeführt werden, die für die tatsächliche Schweißung repräsentativ sind.

Jedes Prüfstück sollte repräsentativ sein. Dabei sollte auf mögliche Veränderungen der Werkstoffeigenschaften geachtet werden. Schneidverfahren, die das metallurgische Gefüge der Probe stark beeinträchtigen, dürfen nicht angewendet werden.

Siehe auch prEN 18007-4:—, A.3.

4.8.5 Nachweisprüfung

Wenn praktische Erwägungen es zulassen und wenn es in der Prüfvorschrift angegeben ist, kann eine zugelassene Nachweisprüfung auf einen vereinbarten Prozentsatz der Fertigungsschweißungen angewendet werden. Werden solche Verfahren angewandt, sollten die angewandten Belastungen größer sein als die beim Einsatz zu erwartenden. Das geprüfte Bauteil darf anschließend keine Schäden aufweisen, die zu einem Versagen beim Einsatz führen könnten.

4.8.6 Beschädigte und fehlerhafte Schweißnähte

Wenn zur Reparatur einer beschädigten Schweißnaht Schweißen notwendig ist, muss es nach einer qualifizierten WPS erfolgen. Durch die Reparatur muss die Schweißnaht mit den Anforderungen dieser Anweisung vollständig übereinstimmen.

4.9 Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit

Die Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit einer Schweißnaht auf eine WPS und auf (einen) Bediener von Schweißeinrichtungen müssen während des gesamten Herstellungsprozesses sichergestellt werden.

Anhang A (informativ)

Einteilung der geometrischen Unregelmäßigkeiten

Die möglichen Schweißunregelmäßigkeiten wurden untersucht, inventarisiert und beschrieben. Als Grundlage dafür diente die ISO 6520-2. In ISO 6520-2 sind die möglichen geometrischen Unregelmäßigkeiten bei Pressschweißverfahren definiert.

In ISO 6520-2 sind die möglichen Unregelmäßigkeiten in Pressschweißungen eingeteilt. Hierfür sind einheitliche Benennungen festgelegt. Die Norm umfasst nur Art, Form und Lage der verschiedenen Unregelmäßigkeiten, die durch Pressschweißen verursacht wurden. Metallurgische Veränderungen bleiben unberücksichtigt. Es wird nichts darüber ausgesagt, wie die Unregelmäßigkeiten im Einzelfall zu beurteilen sind, da dies von den jeweiligen Anforderungen an die Schweißverbindung abhängt.

Das elektromagnetische Pulsschweißen wird in dieser Norm jedoch nicht berücksichtigt. Daher enthält dieser Anhang eine Aufstellung der Unregelmäßigkeiten, die beim elektromagnetischen Schweißen auftreten können. Der Aufbau dieser Norm wurde beibehalten

Einteilung

Die Unregelmäßigkeiten sind in sechs Gruppen eingeteilt:

- P1: Risse,
- P2: Hohlräume,
- P3: feste Einschlüsse,
- P4: Bindefehler,
- P5: Form- und Maßabweichung,
- P6: Sonstige Unregelmäßigkeiten.

Der Buchstabe „P“ kennzeichnet das Pressschweißen.

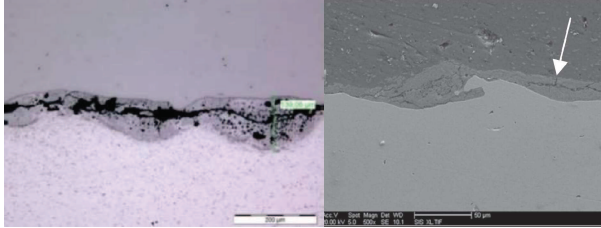
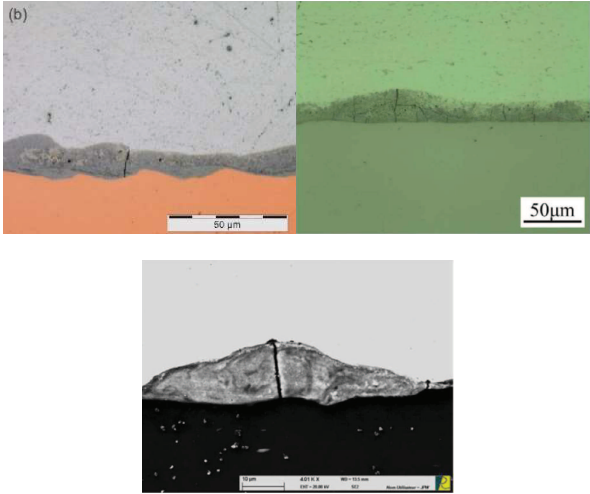
- Entwurf -

Tabelle A.1

Nummer	Benennung	Erklärung	Darstellung	Quelle
Gruppe 1 — Risse				
P100	Riss	Örtliche Werkstofftrennung, die durch Vorgänge beim Abkühlen oder durch Spannungen entstehen kann.		[2], [3], [4]
P1001	Mikroriss	Ein Riss, der üblicherweise nur unter einem Mikroskop sichtbar ist.		[3], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]
P101	Längsriss	Riss in Richtung der Schweißnaht verlaufend. Er kann liegen: — in der intermetallischen Schicht (P1011), — im unbeeinflussten Grundwerkstoff (P1014).		[3], [12], [13]

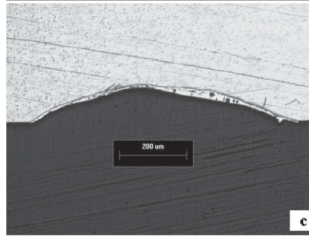
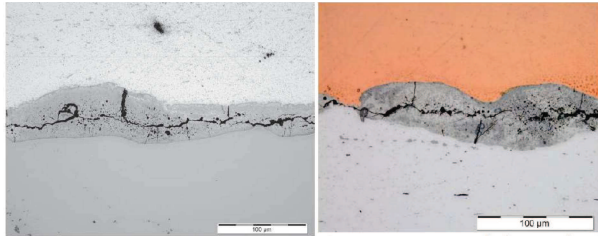
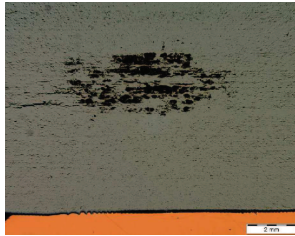
- Entwurf -

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nummer	Benennung	Erklärung	Darstellung	Quelle
P1011	Längsriss in der intermetallischen Schicht	Riss in Richtung der Schweißnaht verlaufend, liegt in der intermetallischen Schicht.		[2], [14]
P1014	Längsriss im unbeeinflussten Grundwerkstoff	Riss in Richtung der Schweißnaht verlaufend, liegt im Grundwerkstoff.		
P102	Querriss	Riss, quer zur Schweißnaht verlaufend. Er kann liegen: — in der intermetallischen Schicht (P1021), — im Grundwerkstoff (P1024).		[3], [10], [12]
P1021	Querriss in der intermetallischen Schicht	Riss, quer zur Schweißnaht verlaufend, liegt in der intermetallischen Schicht. Querrisse über die Dicke ohne weitere Ausbreitung außerhalb der intermetallischen Schicht.		[15], [16], [17]
P1024	Querriss im unbeeinflussten Grundwerkstoff	Riss, quer zur Schweißnaht verlaufend, liegt im Grundwerkstoff.		

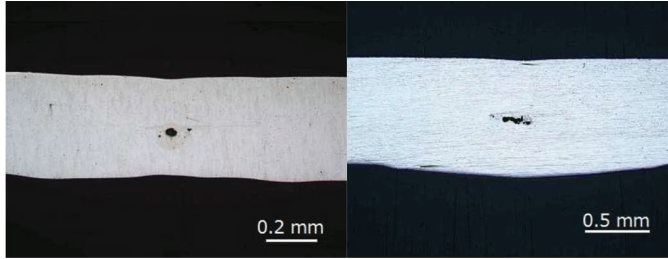
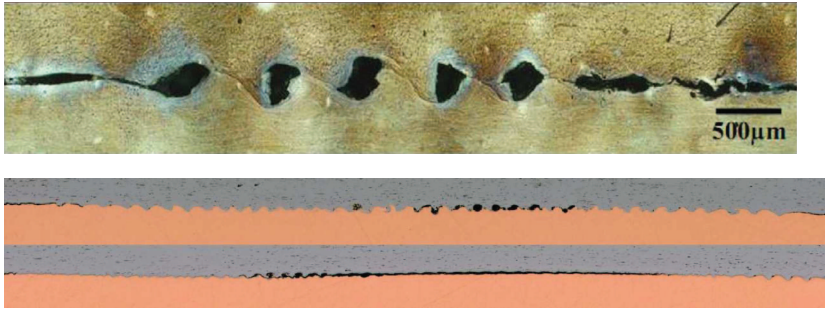
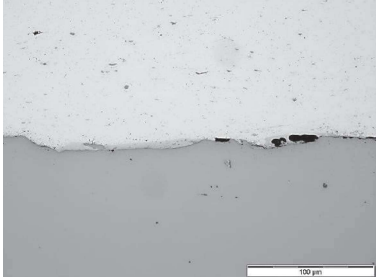
- Entwurf -

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nummer	Benennung	Erklärung	Darstellung	Quelle
P1025	Funkenkrater	Funkenkrater in der Nähe der Schweißzone, der durch Funkenbildung zwischen den Werkstücken entsteht. Die Krater können 100 µm bis 200 µm tief sein.		[18], [19]
P1300	Riss in der Verbindungsebene	Riss in der Verbindungsebene, meist infolge Schwindung oder innerer Spannungen.		[12], [19]
P1400	Riss in der intermetallischen Schicht	Riss unter dem Mikroskop in der intermetallischen Schicht der Schweißnaht sichtbar.		[12], [20]
P1500	Riss im unbeeinflussten Grundwerkstoff	Unregelmäßigkeit infolge eines lokalen Bruchs des Grundwerkstoffes, der durch die Wirkung des Aufpralls (Stoßwellen), die Abkühlung oder Spannungen entstehen kann.		[3]
P1600	Oberflächenriss	Zur Werkstückoberfläche offener Riss in der Schweißzone.		
P1800	Gruppe nicht miteinander verbundener Risse	Gruppe von nicht miteinander verbundenen Rissen in beliebiger Richtung, die in der intermetallischen Schicht oder im Grundwerkstoff entstehen können.		

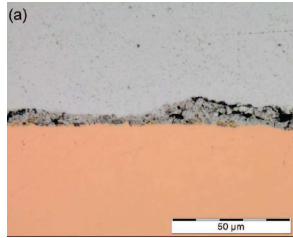
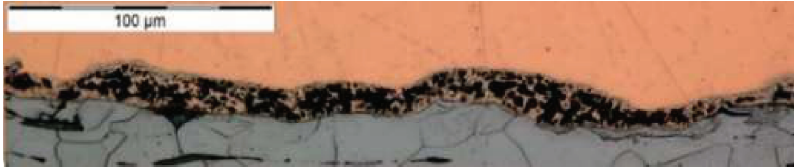
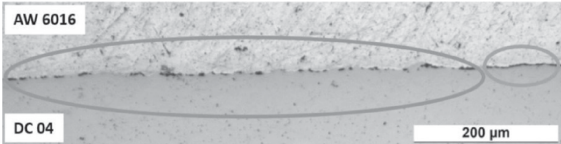
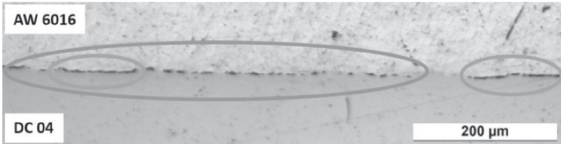
- Entwurf -

Tabelle A.1 (*fortgesetzt*)

Nummer	Benennung	Erklärung	Darstellung	Quelle
P1900	Verzweigter Riss	Gruppe von miteinander verbundenen Rissen, die von einem gemeinsamen Riss ausgehen und von einer Gruppe nicht miteinander verbundener Risse und von strahlenförmigen Rissen unterschieden werden.		
Gruppe 2 — Hohlräume				
P200	Hohlraum	Fehler, die durch lokales Schmelzen verursacht werden können. Während der Erstarrung kann es in der geschmolzenen Zone zu nachteiligen Phänomenen kommen, die potentiell Fehler wie Risse oder Poren verursachen.		[15], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [34], [40]
P2001	Hohlraumnest	Gruppe von Hohlräumen.		[26]
P201	Gaseinschluss	Gasgefüllter Hohlraum.		[27]

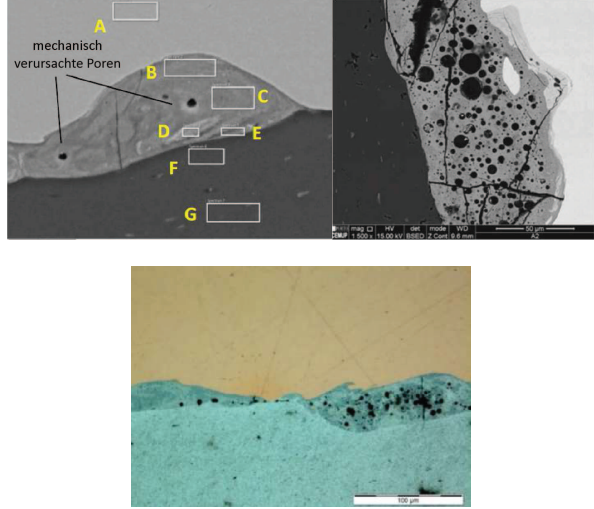
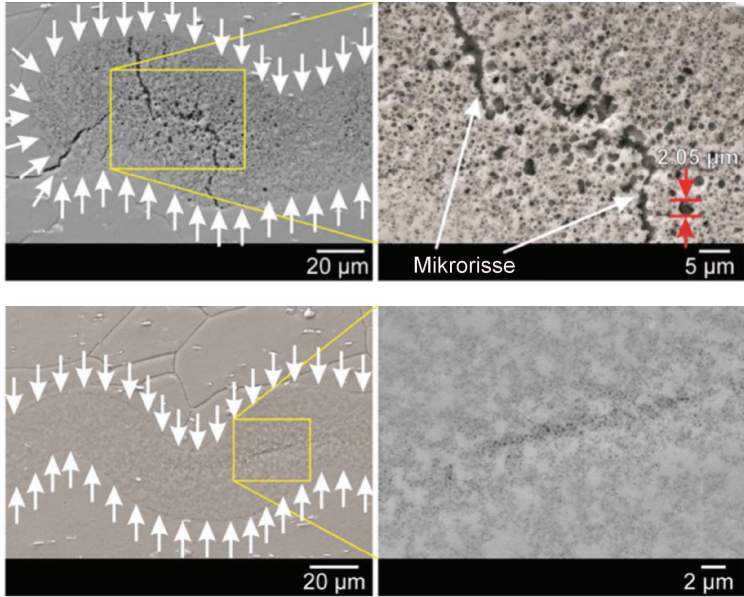
- Entwurf -

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nummer	Benennung	Erklärung	Darstellung	Quelle
P2011	Gaspore	Kugelförmiger Gaseinschluss.	Gasporen an der Grenzfläche können durch gelöste Gase bei hoher Geschwindigkeit verursacht werden, wobei eingeschlossene Gase zu Blasen werden und mit der schnellen Abkühlung der Schmelze wachsen, wie bei einem Experiment mit Aufprall und schneller Erstarrung beobachtet. Das Phänomen der sich auflösenden Gase im lokalen Grenzflächenbereich ist jedoch unwahrscheinlich, da die hohe Geschwindigkeit in Kombination mit dem Jetting des Materials das Entweichen der Gase aus dem Aufprallbereich erleichtert.	[7], [9], [28], [29], [40]
P2012	Gleichmäßig verteilte Porosität in der intermetallischen Schicht	Ein hoher Anteil an Porosität und manchmal an Mikrorissen machen die Schicht porös. Grundlage für die Entstehung: turbulenter Jet und die schnelle Erstarrung beim Schweißen.	   	[3], [12], [13], [30]

- Entwurf -

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nummer	Benennung	Erklärung	Darstellung	Quelle
P2013	Porennest in der intermetallischen Schicht	Geringer Anteil an Porosität in der intermetallischen Schicht.		[12], [31], [32]
P2014	Mikroporosität	An der Schweißgrenzfläche beobachtete poröse Strukturen. Die Porengröße liegt in der Regel bei einigen hundert Nanometern bis zu weniger als etwa 2 µm.		[8], [10], [33]