# DIN EN ISO 17279-3

ICS 25.160.01 Einsprüche bis 2020-06-10

*Entwurf*

## Schweißen – Mikrofügen von Hochtemperatursupraleitern der 2. Generation – Teil 3: Prüfverfahren von Fügeverbindungen (ISO/DIS 17279-3:2020); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 17279-3:2020

Welding –
Micro joining of 2nd generation high temperature superconductors –
Part 3: Test methods for joints (ISO/DIS 17279-3:2020);
German and English version prEN ISO 17279-3:2020

Soudage –
Micro-assemblage des supraconducteurs à haute température critique de deuxième génération –
Partie 3: Méthode d'essai des connexions (ISO/DIS 17279-3:2020);
Version allemande et anglaise prEN ISO 17279-3:2020

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-04-10 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 Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 98 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 17279-3:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem 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 092-00-04 AA „Qualitätssicherung beim Schweißen (DVS AG Q 2)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

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

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

| | |
|---|---|
| IEC 61788-3 | siehe DIN EN 61788-3 |
| IEC 61788-4 | siehe DIN EN 61788-4 |
| IEC 61788-6 | siehe DIN EN 61788-6 |
| IEC 61788-19 | siehe DIN EN 61788-19 |
| ISO15607:2019 | siehe DIN EN ISO 15607:2020-02 |
| ISO 17279-1:2019 | siehe DIN EN ISO 17279-1:2019-09 |
| ISO 17279-2 | siehe DIN EN ISO 17279-2 |
| ISO 17637 | siehe DIN EN ISO 17637 |

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



AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

# Nationaler Anhang NA
(informativ)

# Literaturhinweise

DIN EN 61788-3, *Supraleitfähigkeit — Teil 3: Messen des kritischen Stromes — Kritischer Strom (Gleichstrom) von Ag- und/oder Ag-Legierung ummantelten oxidischen Bi-2212 und Bi-2223-Supraleitern*

DIN EN 61788-4, *Supraleitfähigkeit — Teil 4: Messung des Restwiderstandsverhältnisses — Restwiderstandsverhältnis von Nb-Ti und $Nb_3Sn$ Verbundsupraleitern*

DIN EN 61788-6, *Supraleitfähigkeit — Teil 6: Messung der mechanischen Eigenschaften — Messung der Zugfestigkeit von Cu/Nb-Ti-Verbundsupraleitern bei Raumtemperatur*

DIN EN 61788-19, *Supraleitfähigkeit — Teil 19: Messung der mechanischen Eigenschaften — Zugversuch von reagierten $Nb_3Sn$-Verbundsupraleitern bei Raumtemperatur*

DIN EN ISO 15607:2020-02, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607:2019); Deutsche Fassung EN ISO 15607:2019*

DIN EN ISO 17279-1:2019-09, *Schweiße Schweißen — Mikrofügen von Hochtemperatursupraleitern der zweiten Generation — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an das Verfahren (ISO 17279-1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17279-1:2018 Mikrofügen von Hochtemperatursupraleitern der zweiten Generation — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an das Verfahren (ISO 17279-1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17279-1:2018*

DIN EN ISO 17279-2, *Schweißen — Mikrofügen von Hochtemperatursupraleitern der zweiten Generation — Teil 2: Qualifizierung für Schweiß- und Prüfpersonal*

DIN EN ISO 17637, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen*



Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

— Leerseite —



Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

*– Entwurf –*

**CEN/TC 121**

Datum: 2020-02

**prEN ISO 17279-3:2020**

CEN/TC 121

Sekretariat: DIN

# Schweißen — Mikrofügen von Hochtemperatursupraleitern der 2. Generation — Teil 3: Prüfverfahren von Fügeverbindungen (ISO/DIS 17279-3:2020)

*Soudage — Micro-assemblage des supraconducteurs à haute température critique de deuxième génération — Partie 3 : Méthode d'essai des connexions (ISO/DIS 17279-3:2020)*

*Welding — Micro joining of 2nd generation high temperature superconductors — Part 3: Test methods for joints (ISO/DIS 17279-3:2020)*

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.10b

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

# Inhalt

Seite

**Europäisches Vorwort** ..... **4**

**Vorwort** ..... **5**

**Einleitung** ..... **6**

**1 Anwendungsbereich** ..... **8**

**2 Normative Verweisungen** ..... **8**

**3 Begriffe** ..... **8**

**4 Symbole und Abkürzungen** ..... **8**

**5 Prüfverfahren für Fügeverbindungen** ..... **8**
**5.1 Allgemeines** ..... **8**
**5.2 Sichtprüfung** ..... **9**
**5.2.1 Anwendungsbereich** ..... **9**
**5.2.2 Qualifizierung des Prüfpersonals** ..... **9**
**5.2.3 Prüfausrüstung** ..... **9**
**5.2.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung** ..... **9**
**5.2.5 Prüfung** ..... **9**
**5.2.6 Annahmekriterien** ..... **10**
**5.2.7 Prüfbericht** ..... **10**
**5.3 Prüfung durch Vier-Punkt-Messung** ..... **10**
**5.3.1 Anwendungsbereich** ..... **10**
**5.3.2 Qualifizierung des Prüfpersonals** ..... **10**
**5.3.3 Prüfausrüstung** ..... **10**
**5.3.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung** ..... **10**
**5.3.5 Prüfung** ..... **10**
**5.3.6 Annahmekriterien** ..... **16**
**5.3.7 Prüfbericht** ..... **16**
**5.4 Feldzerfallsprüfung** ..... **16**
**5.4.1 Anwendungsbereich** ..... **16**
**5.4.2 Qualifizierung des Prüfpersonals** ..... **16**
**5.4.3 Prüfausrüstung** ..... **16**
**5.4.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung** ..... **16**
**5.4.5 Prüfung** ..... **17**
**5.4.6 Annahmekriterien** ..... **19**
**5.4.7 Prüfbericht** ..... **19**
**5.5 Feldprüfung** ..... **20**
**5.5.1 Anwendungsbereich** ..... **20**
**5.5.2 Qualifizierung des Prüfpersonals** ..... **20**
**5.5.3 Prüfausrüstung** ..... **20**
**5.5.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung** ..... **20**
**5.5.5 Prüfung** ..... **20**
**5.5.6 Annahmekriterien** ..... **21**
**5.5.7 Prüfbericht** ..... **21**
**5.6 Zugversuch** ..... **21**
**5.6.1 Anwendungsbereich** ..... **21**
**5.6.2 Qualifizierung des Prüfpersonals** ..... **21**
**5.6.3 Prüfausrüstung** ..... **21**



AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

5.6.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung ..... 21
5.6.5 Prüfung ..... 22
5.6.6 Annahmekriterien ..... 22
5.6.7 Prüfbericht ..... 22
5.7 Biegeversuch ..... 23
5.7.1 Anwendungsbereich ..... 23
5.7.2 Qualifizierung des Prüfpersonals ..... 23
5.7.3 Prüfausrüstung ..... 23
5.7.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung ..... 23
5.7.5 Prüfung ..... 23
5.7.6 Annahmekriterien ..... 24
5.7.7 Prüfbericht ..... 24
5.8 Prüfung des kritischen Magnetfelds ..... 24
5.8.1 Anwendungsbereich ..... 24
5.8.2 Qualifizierung des Prüfpersonals ..... 24
5.8.3 Prüfausrüstung ..... 24
5.8.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung ..... 24
5.8.5 Prüfung ..... 25
5.8.6 Annahmekriterien ..... 25
5.8.7 Prüfbericht ..... 25
5.9 Prüfung der kritischen Stromdichteverteilung ..... 25
5.9.1 Anwendungsbereich ..... 25
5.9.2 Qualifizierung des Prüfpersonals ..... 26
5.9.3 Prüfausrüstung ..... 26
5.9.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung ..... 26
5.9.5 Prüfung ..... 26
5.9.6 Annahmekriterien ..... 26
5.9.7 Prüfbericht ..... 26
5.10 Mikroskopische Prüfung und Röntgenbeugungsprüfung ..... 26
5.10.1 Anwendungsbereich ..... 26
5.10.2 Qualifizierung des Prüfpersonals ..... 26
5.10.3 Prüfausrüstung ..... 27
5.10.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung ..... 27
5.10.5 Prüfung ..... 27
5.10.6 Annahmekriterien ..... 27
5.10.7 Berichterstattung ..... 27

Anhang A (normativ) Bericht der Ergebnisse der Sichtprüfung ..... 28

Anhang B (normativ) Bericht über die Ergebnisse der Prüfung durch Vier-Punkt-Messung ..... 30

Anhang C (normativ) Bericht der Ergebnisse der Feldzerfallsprüfung ..... 33

Anhang D (normativ) Bericht der Ergebnisse der Feldprüfung ..... 36

Anhang E (informativ) Bericht der Ergebnisse des Zugversuchs ..... 38

Anhang F (informativ) Bericht der Ergebnisse des Biegeversuchs ..... 40

Anhang G (informativ) Bericht der Ergebnisse der Prüfung des kritischen Magnetfelds ..... 42

Anhang H (informativ) Bericht der Ergebnisse der Prüfung der kritischen Stromdichteverteilung ..... 44

Anhang I (informativ) Bericht der Ergebnisse aus der mikroskopischen Prüfung und Röntgenbeugungsprüfung ..... 46

Literaturhinweise ..... 48

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

# Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 17279-3:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

**Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO/DIS 17279-3:2020 wurde von CEN als prEN ISO 17279-3:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.



Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

# Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44, *Welding and allied processes,* Unterkomitee SC 10, *Quality management in the field of welding* erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 17279 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

ISO 17279 besteht unter dem allgemeinen Titel *Welding — Micro-joining of 2nd generation high temperature superconductors* aus den folgenden Teilen:

— *Part 1: General requirements for the procedure*

— *Part 2: Qualification for welding and testing personnel*

— *Part 3: Test methods for joint*

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

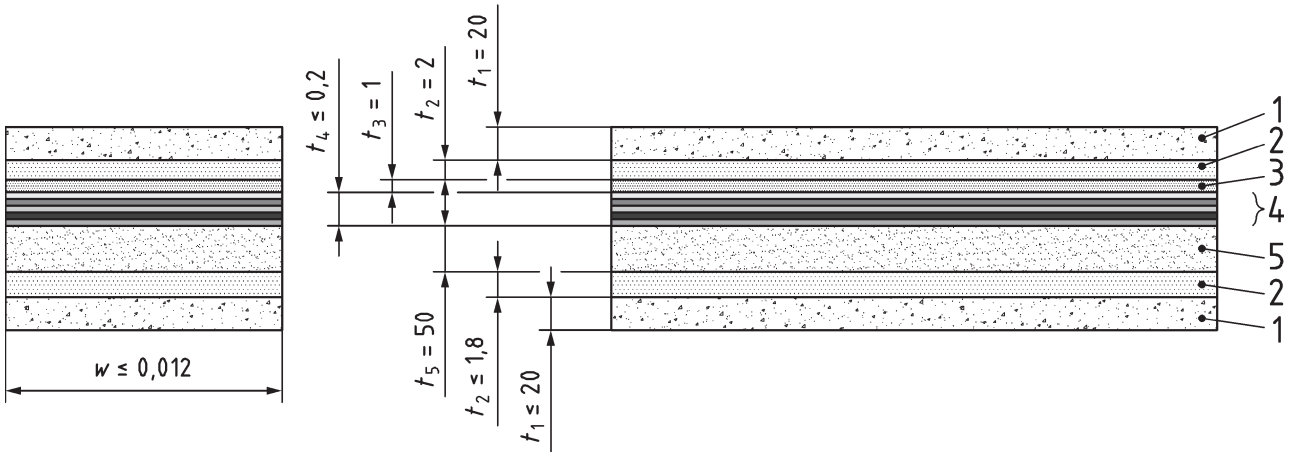
# Einleitung

Die zunehmende Verwendung von Hochtemperatursupraleitern der zweiten Generation (2G HTS) und die Erfindung widerstandsloser Verbindungen bei 2G HTS führten zur Notwendigkeit dieser Internationalen Norm, mit deren Hilfe sichergestellt werden soll, dass die Verbindung effektiv durchgeführt wird und geeignete Kontrollen aller Aspekte des Vorgangs angewandt werden. ISO-Normen für Mikrofüge- und Verbindungsbeurteilungs-Verfahren sind dementsprechend wichtig, um die beste und einheitliche Qualität von 2G HTS-Verbindungen zu erzielen.

Bei einem Supraleiter handelt es sich um ein Material, welches Strom widerstandslos leitet und welches unter der kritischen Temperatur, ($T_c$), dem kritischen Magnetfeld, ($B_c$), und der kritischen Stromdichte, ($J_c$), diamagnetisch ist. Einmal in Bewegung fließt der elektrische Strom unaufhörlich in einer geschlossenen Schleife aus supraleitendem Material unter Diamagnetismus.

Ein 2G HTS besteht aus mehreren Schichten, wobei die Gesamtdicke zwischen 60 µm und 90 µm beträgt und die supraleitende Schicht aus $REBa_2Cu_3O_{7-x}$ in Abhängigkeit der Herstellerspezifikation nur 1 µm bis 3 µm dick ist. Bild 1 zeigt eine schematische Darstellung typischer Mehrfachschichten sowie die Bestandteile und Dicken jeder Schicht des 2G HTS.

Maße in Mikrometer




**Legende**

1 Cu-Stabilisator
2 Ag-Deckschicht
3 supraleitende REBCO-Schicht
4 Pufferschichten
5 Hastelloy®C-276-Substrat

ANMERKUNG Nicht maßstabsgerecht.

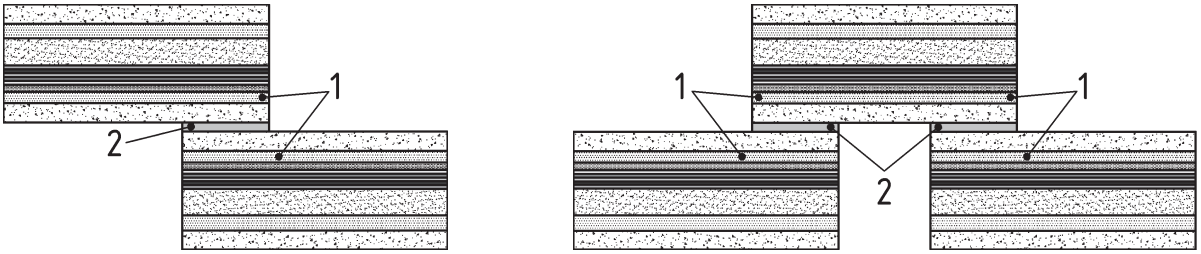
**Bild 1 — Typische Mehrfachschichten eines 2G HTS sowie die Bestandteile und Dicken jeder Schicht**

Weichlöten, Hartlöten oder beliebige Zusätze werden derzeit in der Supraleiter-Industrie wie in Bild 2 gezeigt angewandt, was zu einem hohen elektrischen Widerstand an der Verbindungsstelle und zu Fehlern im Supraleiter führt.



AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05



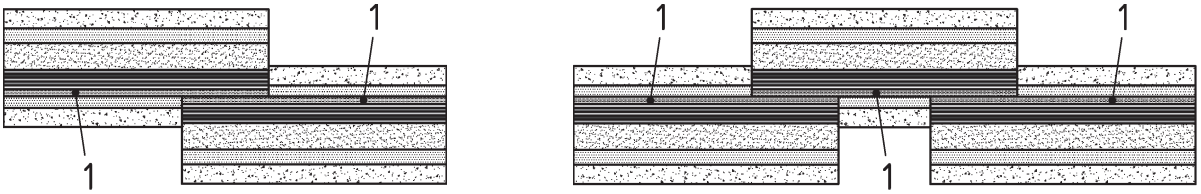

**a) Überlappstoß** **b) Brückenstoß**

**Legende**

1 supraleitende REBCO-Schicht
2 Lot

**Bild 2 — Weichlöten zur Verbindung von 2G HTS**

Diese Norm legt das Augenmerk jedoch auf die direkte autogene Verbindung von supraleitenden 2G HTS-Schichten mit einer Dicke zwischen 1 µm und 3 µm nach Bild 3 ohne die Verwendung von Schweißzusatzwerkstoffen und mit Rückgewinnung von Supraleitereigenschaften durch Oxidationsglühverfahren, was dazu führt, dass an den Schweißstößen nahezu kein elektrischer Widerstand auftritt.




**a) Überlappstoß** **b) Brückenstoß**

**Legende**

1 supraleitende REBCO-Schicht

**Bild 3 — Direktes autogenes Fügen von supraleitenden 2G HTS-Schichten mit einer Dicke zwischen 1 µm und 3 µm für eine supraleitende Verbindung**

Die Teile dieser Internationalen Norm sind im Vorwort aufgeführt

Teil 1 legt Anforderungen an Qualifizierungen für das Verfahren zur Fügung von 2G HTS fest. 2G HTS-Verbindungen sollten in der Lage sein die erforderlichen elektrischen, magnetischen und mechanischen Eigenschaften zu erbringen und in Herstellung und Betrieb frei von schwerwiegenden Unregelmäßigkeiten sein. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, während Auslegung und Fertigung Kontrollen bereitzustellen.

Teil 2 legt Anforderungen für die Qualifizierung von Schweiß- und Prüfpersonal fest.

Teil 3 legt Prüfverfahren zur Bestimmung des Leistungsvermögens von Fügeverbindungen für die Produktion der festgelegten Qualität fest. Es werden spezifische Prüfanforderungen festgelegt, jedoch ohne Zuordnung für eine bestimmte Produktgruppe.



AVA Documents Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

# 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an die Prüfverfahren für Mikrofügeverbindungen von 2G HTS fest, um die Anforderungen nach ISO 17279-1 und ISO 17279-2 zu erfüllen.

# 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).

ISO 17279-1:2019, *Welding — Micro-joining of 2nd generation high temperature superconductors — Part 1: General Requirements for the procedure*

ISO 17279-2, *Welding — Micro joining of 2nd generation high temperature superconductors — Part 2: Qualification for welding and testing personnel*

ISO 15607:2019, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — General rules*

# 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 17279-1 und ISO 15607:2019, Tabelle 1, sofern die Begriffe für das Fügeverfahren von 2G HTS relevant sind.

Es werden keine Begriffe in diesem Dokument angegeben.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter http://www.iso.org/obp

— IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/

# 4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Abkürzungen nach ISO 17279-1 und ISO 15607:2019, Tabelle 1, sofern die Symbole und Abkürzungen für das Fügeverfahren von 2G HTS relevant sind.

# 5 Prüfverfahren für Fügeverbindungen

## 5.1 Allgemeines

ISO 17279-1:2019, 5.5.4 beschreibt Anforderungen an die Qualifizierung von Prüfpersonal, Prüfverfahren, die Bezeugung während der Prüfung der Proben und Nachprüfungen. Insbesondere in ISO 17279-1:2019, Tabelle 1, werden die Art der Prüfung, der Prüfumfang, die Bestätigung der Prüfung und die erforderlichen Prüfungen für die Verfahrensqualifizierung in Übereinstimmung mit ISO 17279-1 dargestellt. ISO 17279-1:2019, 5.9, enthält Anforderungen an Annahmekriterien für die Prüfungen. Ein Hersteller kann über ausreichend fachkundiges Personal für die Prüfung und den Betrieb der Prüfausrüstung verfügen oder er kann darauf spezialisierte Organisationen mit den spezifischen Prüfungen beauftragen. Ein Hersteller kann die Prüfungen von der Probenvorbereitung bis zur Datenerfassung und -analyse bezeugen, in Übereinstimmung mit den herstellereigenen Qualitätssicherungsanforderungen.



Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

Die Bedienverfahren und Vorsichtsmaßnahmen müssen auf die Prüfausrüstung angewendet werden, wenn die Ausrüstung für die Prüfung nach dieser Norm verwendet wird. Der Bediener der spezifischen Ausrüstung muss die Fähigkeit erwerben, die erforderliche Prüfung durchzuführen, und die Kalibrierung und Qualifizierung der Prüfausrüstung müssen in Übereinstimmung mit dem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm aktuell gehalten werden. Qualifizierungsberichte und Zertifikate müssen aktuell gehalten werden.

Mit Ausnahme der Sichtprüfung werden die Prüfungen bei kryogenen Umgebungsbedingungen durchgeführt und sie erheben keinen Anspruch darauf, mit ihrer Anwendung verbundene Sicherheitsbedenken zu behandeln. Es liegt in der Verantwortung derjenigen Person, die das Verfahren anwendet, vor dem Anwendungsbeginn geeignete Praktiken für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz zu erstellen.

## 5.2 Sichtprüfung

### 5.2.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zur Sichtprüfung von in 2G HTS verwendeten Materialien und Verbindungen fest.

### 5.2.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden. Personal, das Sichtprüfungen durchführt, muss eine jährliche Untersuchung bestehen; dabei muss das Sehvermögen mit oder ohne Korrektur die Prüfung der Nahsehfähigkeit nach Jaeger J2 bei einem Abstand von mindestens 30,5 cm sowie eine Farbwahrnehmungsprüfung bestehen. Die Aufzeichnungen der Untersuchungen des Sehvermögens müssen für das laufende Jahr aufbewahrt und für den Fall einer Überprüfung verfügbar gehalten werden.

### 5.2.3 Prüfausrüstung

Kalibrierte und zertifizierte Geräte müssen erforderlichenfalls für die Prüfungen verwendet werden, und sie dürfen Messgeräte und Messlehren einschließen.

### 5.2.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

Die Prüfoberfläche muss gleichmäßig und eben sein, sie muss sauber und frei von Zunder, Rost, Öl, Fett, schädlichen Oxiden und anderen schädlichen Fremdstoffen, wie Ag- oder Cu-Stellen des 2G HTS sein. Die Oberflächen der fertigen Verbindungen müssen für eine ordnungsgemäße Prüfdurchführung geeignet sein. Alle Vorbereitungen von Verbindungen müssen die in einer Zeichnung festgelegten Maße erfüllen (entweder in einer bemaßten Zeichnung oder in einer Schweißanweisung). Falls keine Maße als Teil der Zeichnung oder Auftragsdokumente bereitgestellt werden, müssen die Maße den durch die genehmigte Schweißanweisung (WPS) festgelegten Maßen entsprechen.

### 5.2.5 Prüfung

Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Verfahren oder einem unter Prüfung anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Der Prüfbereich muss die Verbindung und, in einem gewissen Abstand von der Kante der Verbindung des Grundmetalls, die angrenzende zugängliche Wärmeeinflusszone (WEZ) umfassen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert und ohne jegliche Beschichtungen und andere Oberflächenzustände wie Lacke, Überzüge usw. erfolgen. Die Verbindungen müssen im Zustand wie geschweißt geprüft werden. Die Prüfung wird an Proben geeigneter Größe durchgeführt.

Es muss eine direkte Sichtprüfung angewendet werden. Falls erforderlich, werden Spiegel und Lupen verwendet, um den Sichtwinkel zu verbessern und zu unterstützen. Die minimale Lichtintensität auf der

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

Oberfläche wird 1 000 Lux (100 Foot-candle) betragen. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer und das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Beleuchtung und Prüfverfahren, die Bewertung von Anzeigen, Annahmekriterien, die Aussonderung von Verbindungen nach Bewertungen einschließen.

#### 5.2.6 Annahmekriterien

Die Anforderungen nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 4, müssen erfüllt werden. Haftungsfehler, Bindefehler, Risse und Pinholes sind unzulässig.

#### 5.2.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt eines Prüfberichts ist in Anhang A dargestellt.

### 5.3 Prüfung durch Vier-Punkt-Messung

#### 5.3.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zur Prüfung durch Vier-Punkt-Messung von in 2G HTS verwendeten Grundwerkstoffen und Verbindungen fest. Die Werte der kritischen Stromstärke ($I_c$), der kritischen Stromdichte ($J_c$) und der *n*-Wert können durch die Prüfung gemessen werden.

ANMERKUNG Üblicherweise ist der Widerstand am Kontaktpunkt (Kontaktwiderstand) weit geringer als der Widerstand der Probe und kann daher vernachlässigt werden. Bei Supraleitern unter kryogenen Bedingungen kann der Kontaktwiderstand jedoch dominieren und Änderungen des Widerstands der Probe vollständig verschleiern. Die Wirkungen des Kontaktwiderstands werden durch die Anwendung der Prüfung durch Vier-Punkt-Messung beseitigt.

#### 5.3.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.

#### 5.3.3 Prüfausrüstung

Für die Prüfung müssen kalibrierte und zertifizierte Geräte verwendet werden.

#### 5.3.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

5.2.4 muss gelten.

#### 5.3.5 Prüfung

##### 5.3.5.1 Allgemeines

Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Prüfverfahren oder einem auf 2G HTS anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer, das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Prüfverfahren, die Bewertung und die Berichterstattung nach Bewertungen einschließen.

Der Prüfbereich muss die Verbindung und, in einem gewissen Abstand von der Kante der Verbindung, die angrenzende zugängliche WEZ umfassen. Die Gesamtlänge der Proben muss mindestens 60 mm einschließlich 20 mm der Verbindung betragen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert erfolgen und in der

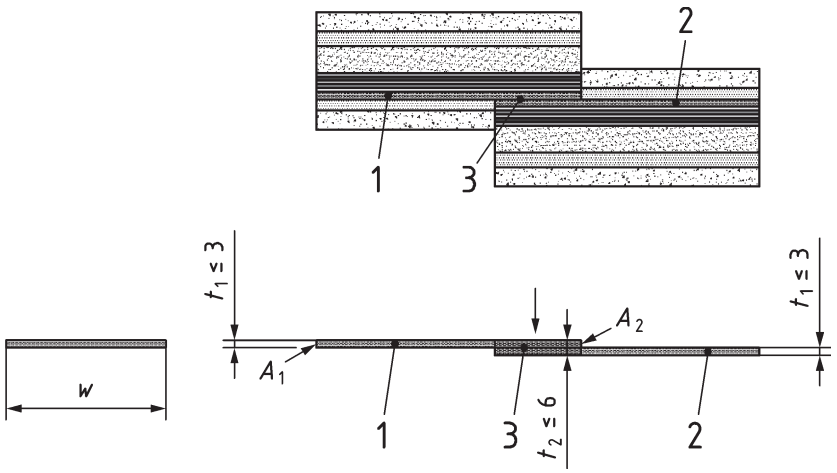


AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt werden. Die Prüfung muss im Zustand der Schweißnahtüberhöhung mit handelsüblichen Materialien unter Berücksichtigung des thermischen Schrumpfungskoeffizienten durchgeführt werden, so dass Verbindungen nicht während der Prüfung beschädigt werden.

Eine schematische Darstellung zweier supraleitender Schichten mit Überlappstoß von 2G HTS ist in Bild 4 enthalten. Wenn Strom durch eine supraleitende 2G HTS-Schicht (Dicke von 1 µm bis 3 µm) von der supraleitenden Schicht 1 zur Verbindung zur supraleitenden Schicht 2 fließt, erzeugt der Strom eine Potentialdifferenz zwischen der supraleitenden Schicht 1 und der supraleitenden Schicht 2. 2G HTS ohne Fügeverbindung und WEZ verhält sich in kryogener Umgebung widerstandsfrei, da die meisten Potentialdifferenzen durch Fügeverbindung und WEZ hervorgerufen werden.

Maße in Mikrometer




**Legende**

1 obere supraleitende Schicht
2 untere supraleitende Schicht
3 Fügefläche
$w$ Breite der supraleitenden Schicht
$t_1$ Dicke der supraleitenden Schicht (1 µm ~ 3 µm)
$t_2$ beinahe 2 $t_1$ oder etwas weniger als 2 $t_1$ in Abhängigkeit vom Druck während des Fügens
$A_1$ Querschnittsfläche der supraleitenden Schicht 1 und 2 ($A_1 = t_1 \times w$)
$A_2$ Querschnittsfläche der beiden mit einem Überlappstoß verbundenen supraleitenden Schichten ($A_2 = t_2 \times w$)

**Bild 4 — Typische Mehrfachschichten eines 2G HTS sowie die Bestandteile und Dicken jeder Schicht**

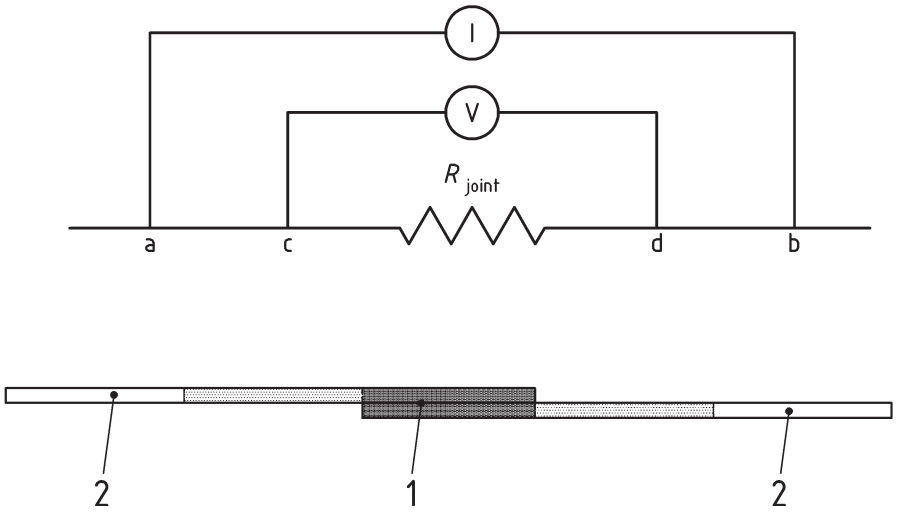
Bild 5 ist eine schematische Darstellung der Prüfung durch Vier-Punkt-Messung von mit Überlappstoß gefügten 2G HTS. Vier Sonden werden, wie im Bild dargestellt, an der Probe angebracht. Ein Strom wird durch die Länge der Probe durch die Sonden fließen gelassen, die in Bild 5 mit „a“ und „b“ bezeichnet sind. Das kann unter Verwendung einer Stromquelle oder Stromversorgung durchgeführt werden, die über einen Ausgangsstrom-Auslesegerät verfügt. Falls die Probe bei Fließen elektrischen Stroms einen Widerstand zeigt, wird ein Potentialabfall (oder Spannungsabfall) auftreten, da der Strom entlang der Probe fließt, z. B. zwischen den beiden im Bild mit „c“ und „d“ bezeichneten Sonden. Der Spannungsabfall zwischen den Sonden „c“ und „d“ kann mit einem digitalen Spannungsmessgerät gemessen werden. Der Widerstand der Probe zwischen den Sonden „c“ und „d“ ist das Verhältnis des am digitalen Spannungsmessgerät abgelesenen Spannungswerts zum Wert des Ausgangsstroms der Stromversorgung. Die hohe Impedanz des digitalen Spannungsmessgeräts minimiert den Stromfluss durch den Abschnitt des Stromkreises, der das Spannungsmessgerät enthält. Da es keinen Potentialabfall über den Kontaktwiderstand im Zusammenhang mit den Sonden „c“ und „d“ gibt, wird somit nur der Widerstand im Zusammenhang mit der Fügeverbindung

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

und der zugehörigen WEZ des Supraleiters zwischen den Sonden „c“ und „d“ in Abhängigkeit des Stroms gemessen. 2 WEZ-Längen, die an die Fügeverbindung angrenzen, betragen etwa das Doppelte der Verbindungslänge. Die WEZ ist jedoch von der Wärmeeinbringung und der Verweildauer während des Fügens abhängig. Der Hersteller darf die WEZ-Länge mit der Prüfung durch Vier-Punkt-Messung bestimmen.




**Legende**

1 Fügefläche
2 Wärmeeinflusszone (WEZ)
a Stromzuführung 1
b Stromzuführung 2
c Spannungsabgriff 1
d Spannungsabgriff 2

**Bild 5 — Schematische Darstellung der Prüfung durch Vier-Punkt-Messung bei mit Überlappstoß gefügten 2G HTS CC**

Das Prüfverfahren ist wie folgt:

a) Die Sonden „c“ und „d“ (jede auf der Schmelzlinie der Verbindung) werden an der Probe angebracht und an ein digitales Spannungsmessgerät angeschlossen; die Sonden „a“ und „b“ (jeweils 5 mm von „c“ und „d“ entfernt) werden an ein Strommessgerät und an eine Stromversorgung angeschlossen. Ein Streifenschreiber darf zwischen den Sonden „c“ und „d“ angeschlossen werden.

b) Das Thermoelement-Ablesegerät wird darauf eingestellt, das K-Thermoelement abzulesen und das am Thermoelement angebrachte Symbol des Thermoelements wird abgelesen. Das Thermoelement wird nicht gebogen.

c) Der Behälter, die Probe mit den angebrachten Sonden und das Thermoelement werden platziert. In den Behälter wird flüssiger Stickstoff oder anderes kryogenes Material gegeben. Das Potential am Thermoelement wird abgelesen.

d) Wenn der Behälter vollständig abgekühlt ist und die Temperatur auf etwa 70 K bzw. auf die beschlossene Temperatur gefallen ist, wird die Stromversorgung eingeschaltet. Wenn sich der Widerstand des Supraleiters bei verschiedenen Strömen ändert, werden sich die Spannungsablesewerte ändern. Die Potentialdifferenz wird am Spannungsmessgerät abgelesen. Das Verhältnis der Spannung zum Stromfluss durch die Probe ist der Widerstand des Supraleiters zwischen den beiden Spannungssonden („c“ und „d“).



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

In Bild 5 fließt der Strom ($I$) durch die beiden Sonden an den Enden („a“ und „b“) und die Spannung ($V$) wird zwischen den beiden zentralen Sonden („c“ und „d“) für die Verbindung und die WEZ gemessen. Der mittlere Widerstand $R$ zwischen den zentralen Sonden („c“ und „d“) wird nach Gleichung (1) berechnet:

$$I = V/R \tag{1}$$

Dabei ist

$V$ die Spannungsdifferenz;

$I$ der Stromfluss zwischen den beiden zentralen Sonden („c“ und „d“).

$R$ wird auch durch Gleichung (2) angegeben, weil der größte Teil der Spannungsdifferenz von der Fügeverbindung und der WEZ herrührt.

$$R_{\text{joint}} = \rho_{\text{joint}} \times l_{\text{joint}}/A_2 \text{ oder } R_{\text{HAZ}} = \rho_{\text{HAZ}} \times l_{\text{HAZ}}/A_1 \tag{2}$$

Dabei ist

$\rho_{\text{joint}}$ und $\rho_{\text{HAZ}}$ die Resistivität der Fügeverbindung und der WEZ (en: HAZ) in $\Omega \cdot$ cm;

$l_{\text{joint}}$ und $l_{\text{HAZ}}$ die gemessene Länge der Fügeverbindung und der WEZ, in cm;

$A_1$ und $A_2$ die Querschnittsflächen der supraleitenden Schicht bzw. der beiden mit Überlappstoß gefügten supraleitenden Schichten in $cm^2$.

Somit entspricht der Gesamtwiderstand der Proben mit Überlappstoß Gleichung (3).

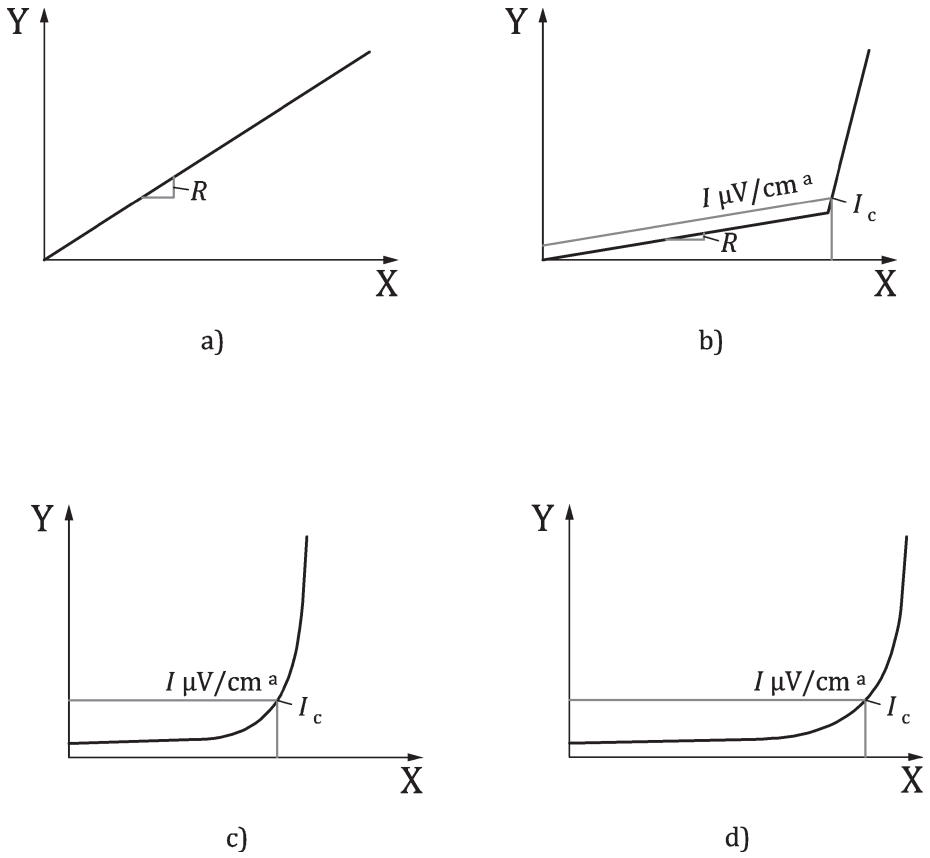
$$I = V/\left(R_{\text{joint}} + R_{\text{HAZ}}\right) \tag{3}$$

#### 5.3.5.2 Feldkritische Stromstärke, ($I_c$)

Der Wert der feldkritischen Stromstärke der Verbindung ($Ic_{\text{joint}}$) ist sehr wichtig zur Bestätigung der Integrität der Verbindung. Die Werte für die feldkritische Stromstärke ($I_c$) des gefügten Supraleiters müssen unter Anwendung einer Standardprüfung durch Vier-Punkt-Messung und in einem Bad aus flüssigem Stickstoff ($LN_2$) oder in einer anderen vorher bestimmten kryogenen Umgebung gemessen werden. Obwohl dieses Verfahren kein endgültiges Verfahren ist, ist es in der ersten Bewertungsrunde durchaus wirksam. Falls der Strom grafisch in Abhängigkeit von dem im 2G HTS abgelesenen Spannungswert aufgetragen wird, wird das Ergebnis dem in Bild 6 dargestellten ähneln. Die V-I-Kennlinie entstammt handelsüblichen DAS (Datenerfassungssystem) und LabVIEW. Das DAS und LabVIEW müssen kalibriert werden.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05




**Legende**

X Stromstärke in [A]
Y Spannung in [V]

**Bild 6 — Beispiele für *V-I*-Kurven, in einer Fügeverbindung von 2G HTS CC gemessen**

a) und b) in Bild 6 weisen einen Widerstand auf und sind keine supraleitenden Verbindungen. c) und d) in Bild 6 zeigen hingegen eine ideale supraleitende Verbindung, bei der der Anstieg der *V-I*-Kurve etwa bis zum Erreichen des kritischen Stroms ($I_c$) null beträgt (null Spannung und Widerstand); c) ist niedriger als das fabrikneue Material (nicht wärmebeeinflusstes Grundmetall) und d) entspricht dem fabrikneuen Material. Die Werte für die feldkritische Stromstärke ($I_c$) der 2G-HTS-Verbindung müssen mittels eines 1-µV/cm-Kriteriums anhand einer durch Prüfung durch Vier-Punkt-Messung erhaltenen V-I-Kennlinie gemessen werden. Wenn der Abstand zwischen Spannungsabgriffen (c) und d) in Bild 6 8 cm beträgt, liegt der kritische Strom ($I_c$) bei einem Stromwert bei 8 µV.

### 5.3.5.3 Kritische Stromdichte ($J_c$)

*Jc* bestimmt den maximalen Fluss der elektrischen Stromstärke pro Querschnittsbereich, welcher ein Supraleiter ohne Widerstand erhalten kann und wird als $I_c$ geteilt durch die gefügte Querschnittsfläche ausgedrückt. Die Querschnittsflächen des fabrikneuen Materials (Grundmetall) und der Verbindung in Bild 4 sind $A_1$ bzw. $A_2$, und sie werden wie in Gleichung (4) angegeben.

$$Jc_{virgin} = Ic_{virgin}/A_1 \text{ oder } Jc_{joint} = Ic_{joint}/A_2 \quad (4)$$

Wenn zum Beispiel die Dicke bzw. die Breite der supraleitenden Schicht von 2G HTS 1 µm bzw. 4 µm beträgt und $I_c$ von 84 A nach Bild 6 d) angewendet wird, $A_1$ und $A_2$ 4 µm$^2$ und 8 µm$^2$ betragen, dann können $Jc_{virgin}$ und $Jc_{joint}$ als 21 A/µm$^2$ bzw. 10,5 A/µm$^2$ berechnet werden, die aufgrund der 2G HTS sehr hoch sind.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

#### 5.3.5.4 N-Wert

Die meisten V-I-Kennlinien von 2G HTS können annähernd durch $V \propto I^n$ angegeben werden, was üblicherweise durch den Parameter n quantifiziert wird. Der V-I-Übergang zum Normalzustand wird nach Gleichung (5) festgelegt.

$$(\rho/\rho_c) = (I/I_c)^n \text{ oder } (V/V_c) = (I/I_c)^n \quad (5)$$

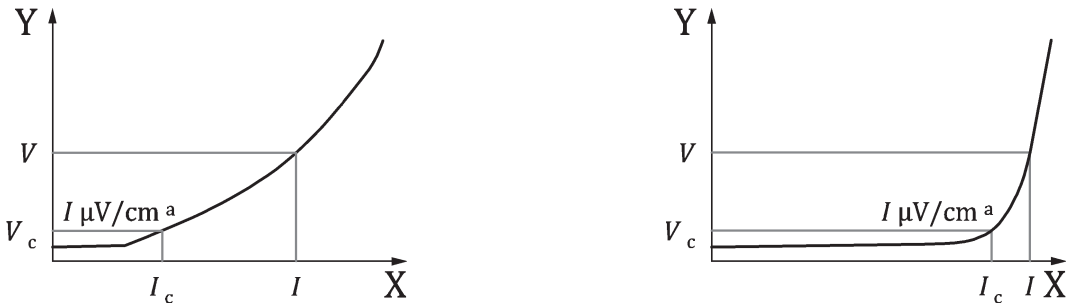
Dabei ist $\rho_c$ die kritische Resistivität, $V_c$ die kritische Spannung und $I_c$ der kritische Strom.

Diese Parametrisierung war sehr nützlich bei Supraleitern mit hoher $J_c$, wobei der n-Wert als ein Index für die Qualität des Supraleiters angesehen wird. Der n-Wert kann bei Leitern mit hoher Resistivität erheblich schwanken. Das Leistungsverhältnis ist ein praktikabler Weg, den Übergang zu analysieren, und der n-Wert ist ein nützliches Instrument, um die Leitfähigkeit (σ) von 2G HTS zu bewerten. Der n-Wert mit einer recht großen Zahl steht im umgekehrten Verhältnis zur Breite des *V-I*-Übergangs, wobei sich im Gegensatz dazu die Breite der Verteilung im n-Wert widerspiegelt; dabei ist n proportional zu σ. Ein höherer n-Wert ist Hinweis auf eine wesentliche Verbesserung bei $J_c$. Der n-Wert bestimmt ebenfalls die Schärfe eines Widerstandsübergangs der V–I-Kennlinie bei der $I_c$-Messung. Bei höherem n-Wert ist die Resistivität niedriger und die Supraleitung ist besser.

Bild 7 zeigt ein Beispiel für einen niedrigen n-Wert (a) und einen hohen n-Wert (b) in der V-I-Kennlinie der Prüfung durch Vier-Punkt-Messung von 2G HTS. Die Messung des n-Werts ist wie folgt: a) ein l µV/cm Kriterium wird angewendet, um $V_c$ und $I_c$ zu bestimmen, b) die im Voraus bestimmte Spannung ($V$) wird ausgewählt und der Strom ($I$) in der Kennlinie wird bestimmt, c) die Zahlen ($V$, $V_c$, $I$, $I_c$) werden in Gleichung (6) eingesetzt.

$$n = ln(V/V_c)/ln(I/I_c) \quad (6)$$

Wenn n-Werte aus den verschiedenen *V-I*-Kennlinien direkt miteinander verglichen werden, wird dieselbe im Voraus bestimmte $V$ in den *V-I*-Kennlinien angewendet. Zum Beispiel in Bild 7, wenn in a) $V_c$, $V$, $I_c$ bzw. $I$ gleich 1 µV, 50 µV, 10 A bzw. 50 A sind, und in b) $V_c$, $V$, $I_c$ bzw. $I$ gleich 1 µV, 50 µV, 84 A bzw. 89 A bzw. sind, kann n als 1 in a) berechnet werden und als 67,45 in b), indem Gleichung 6 angewendet wird.




**a) niedriger N-Wert** **b) hoher N-Wert**

**Legende**

X Stromstärke in [A]
Y Spannung in [µV]
a Kriterium

**Bild 7 — Beispiele für n-Werte in der V-I-Kennlinie der Prüfung durch Vier-Punkt-Messung**



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

#### 5.3.5.5 Zyklische Temperaturschockeigenschaften

Der zyklische Temperaturschock dient zur Bestimmung der $I_c$-Schwankungen oder -Profile der Verbindung unter zyklischen Temperaturschocks im Flüssigstickstoffbad oder anderen kryogenen Umgebungen. Die kryogenen Umgebungen, die Zyklen für die Temperaturschocks, die Temperaturen (hoch und niedrig) sowie die Anzahl der Prüfungen werden vom Hersteller bestimmt. Tabelle 1 enthält empfohlene Parameter für die zyklische Temperaturschockprüfung.

**Tabelle 1 — Empfohlene Parameter für die zyklische Temperaturschockprüfung**

| Kryogene Umgebungen | Zyklen für die Temperatur-schocks | Temperatur | | Haltezeit bei hoher und niedriger Temperatur | | Anzahl der Prüfungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hoch | Niedrig | Hoch | Niedrig | |
| Flüssiger Stickstoff oder vom Hersteller entschiedene Temperatur | 5 | Raum-temperatur | Flüssiger Stickstoff oder vom Hersteller entschiedene Temperatur | 30 min | 30 min | 5 |

### 5.3.6 Annahmekriterien

Die Anforderungen nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 5, müssen erfüllt werden.

### 5.3.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt eines Prüfberichts ist in Anhang B dargestellt.

## 5.4 Feldzerfallsprüfung

### 5.4.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren der Feldzerfallsprüfung von in 2G HTS verwendeten Verbindungen fest. Um den Widerstand einer geschlossenen 2G HTS-Schleife mit einer 2G HTS-Verbindung auf einem Niveau unterhalb von $10^{-12}\ \Omega$ und die Schwankung der magnetischen Feldstärke im Laufe der Zeit zu bestimmen, wird eine Feldzerfallsmethode angewandt.

### 5.4.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.

### 5.4.3 Prüfausrüstung

Für die Prüfung müssen kalibrierte und zertifizierte Geräte verwendet werden.

### 5.4.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

5.2.4 nach dieser Norm muss gelten.



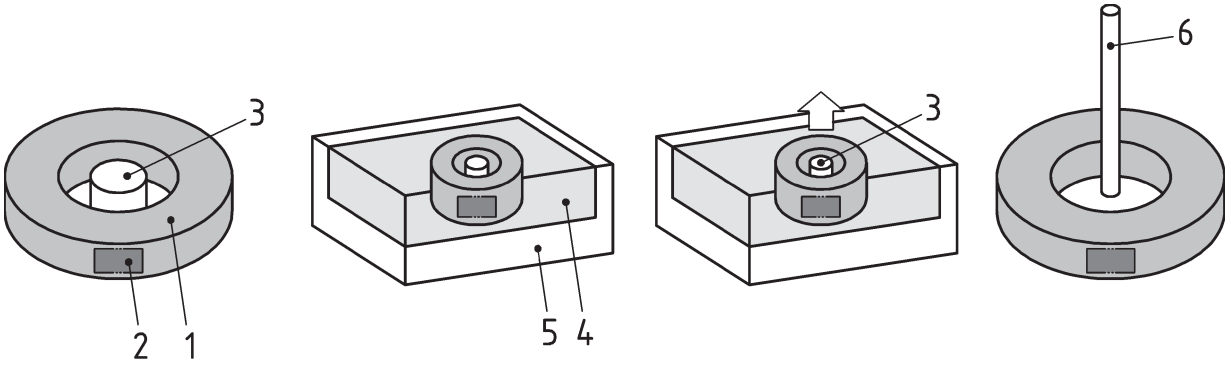
Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

### 5.4.5 Prüfung

Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Prüfverfahren oder einem auf 2G HTS anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer, das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Prüfverfahren, die Bewertung und die Berichterstattung nach Bewertungen einschließen.

Der Prüfbereich muss die Verbindung und die angrenzende zugängliche WEZ des Grundwerkstoffs umfassen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert erfolgen und in der kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt werden. Die gefügte Probe, die $I_c$-geprüft und angenommen wurden, müssen für diese Prüfung verwendet werden. Die Prüfung muss im Zustand der Schweißnahtüberhöhung mit handelsüblichen Materialien unter Berücksichtigung des thermischen Schrumpfungskoeffizienten durchgeführt werden, so dass Verbindungen nicht während der Prüfung beschädigt werden.

Bei dieser Technik werden über eine Dauer von Stunden oder Tagen die zeitabhängigen Änderungen in einem Magnetfeld gemessen, das durch einen Strom erzeugt wird, der in einer kreisförmigen Schleife fließt, die eine HTS-Verbindung enthält. Bild 8 zeigt eine schematische Darstellung des Prinzips des Verfahrens und des Messaufbaus, die bei der Messung des Verbindungswiderstands einer Supraleiterverbindung in einem Bad aus flüssigem Stickstoff ($LN_2$, 77 K oder −196 °C) Anwendung finden.




**Legende**

1 Supraleiter-Spule
2 Verbindung
3 Dauermagnet oder Elektromagnet
4 Polystyrol-Bad
5 flüssiger Stickstoff oder anderes kryogenes Material
6 Hallsensor

**Bild 8 — Feldzerfallsprüfung**

Das Verfahren ist wie folgt:

1) Die Supraleiterspule mit Verbindungen wird gewickelt.

2) Ein Dauermagnet oder Elektromagnet wird in die Öffnung der Supraleiterspule mit Verbindungen eingebracht.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

3) Flüssiger Stickstoff oder anderes kryogenes Material wird in den Polystyrol-Behälter (en: styrofoam container) gefüllt. Anschließend wird die Supraleiter-Spule bei Anliegen eines durch den Dauer- oder Elektromagneten induzierten Magnetfeldes supraleitend.

4) Der Dauermagnet oder der Elektromagnet wird für 10 Minuten in flüssigen Stickstoff oder anderes kryogenes Material gehalten.

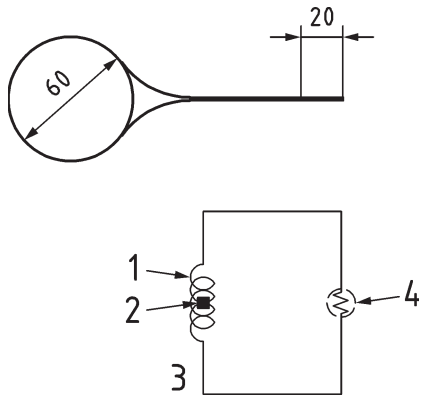
5) Der Dauermagnet oder der Elektromagnet wird aus der Spulenöffnung gehoben.

6) Der Hallsensor wird an der Öffnung der geschlossenen Schleife angeordnet.

7) Die induzierte zeitabhängige Magnetfeldänderung wird durch den Hallsensor gemessen und im DAS (Datenerfassungssystem) aufgezeichnet.

Bild 9 a) zeigt eine schematische Darstellung einer mit 5 Windungen gewickelten 2G HTS-Spule mit einem Innendurchmesser von 60 mm und einer Verbindung von 20 mm, die außerhalb der Spule angeordnet ist und einen Schaltplan, bei dem die Hallsonde in die 2G HTS-Spule eingefügt ist. Bild 9 a) zeigt auch eine Tabelle mit experimentellen Daten für die Aufzeichnung.

Für ein Verfahrensbeispiel wird eine Nd-Fe-B-Dauermagnetscheibe (0,35 Tesla) in die Öffnung der 2G HTS-Schleife eingebracht. Wenn flüssiger Stickstoff ($LN_2$) in den Polystyrol-Behälter gegeben wird, erreicht der 2G HTS beim Anliegen des durch den Nd-Fe-B-Magneten induzierten Magnetfelds (d. h. die Feldkühlung (en: field cooling) ist aufgetreten) Supraleitung. Nachdem der Dauermagnet aus der Schleifenöffnung gehoben wurde, wird ein Hallsensor in der Mitte der geschlossenen Schleife platziert. Das induzierte Magnetfeld am 2G HTS wird durch die Hallsonde mit einer Grenzabweichung von $10^{-2}$ Gauß gemessen und mit einem DAS aufgezeichnet. Bild 9 b) und c) zeigen das Zerfallsverhalten des induzierten Felds in der geschlossenen Schleife der 2G HTS-Modellspule mit Fügeverbindung. Die senkrechte Achse ist lotrecht zum anfänglichen Magnetfeld.




Maße in Millimeter

| Parameter | Werte |
|---|---|
| Innendurchmesser [mm] | 60 |
| Anzahl der Windungen | 5 |
| Spuleninduktivität [µH] | |
| Spulenkonstante [mT/A] | |

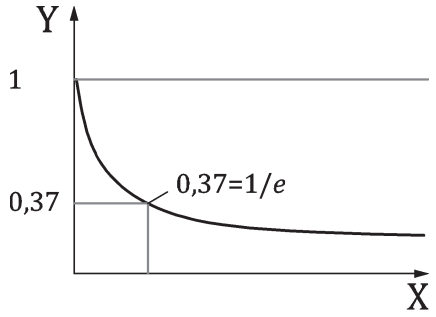
**Legende**

1 2G HTS-Spule
2 Hallsonde
3 $LN_2$ oder andere kryogene Umgebung
4 supraleitende Verbindung

**a) Vorbereitung**



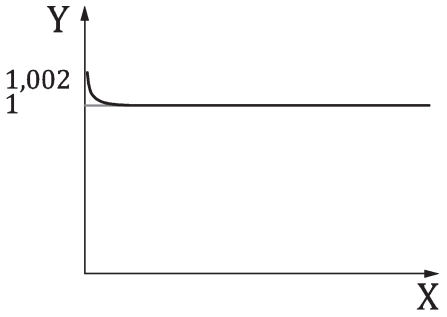
AVA Documents Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05




**Legende**

X Zeit in [s]
Y $B(t)/B(t_0)$ in [Tesla]

**b) Prüfergebnis**




**Legende**

1 Zeit in [d]
2 $B(t)/B(t_0)$ in [Tesla]

**c) Prüfergebnis**

**Bild 9 — Probenvorbereitung für das Experiment und Prüfergebnisse**

Die Feldzerfallsrate des Feldes und der Verbindungswiderstand der 2G HTS-Modellspule sind in Gleichung (7) bzw. Gleichung (8) angegeben;

$$B(t) = B(t_0)\, e^{-(Rjoint/L)t} \tag{7}$$

$$R = -L \times ln[B(t)/B(t_0)]/t \tag{8}$$

Dabei ist

$B(t)$ das induzierte Magnetfeld bei $t$ [Tesla];

$B(t_0)$ das anfängliche Magnetfeld [Tesla];

$R_{joint}$ der Verbindungswiderstand [Ohm];

$L$ die Selbstinduktivität einer geschlossenen Schleife [Henry];

$t$ Zeit [s].

Bild 9 b) ist ein Beispiel für die Feldzerfallsdauer in Abhängigkeit von $B(t)/B(t_0)$ an einer Spule mit resistiver Verbindung. Der Verbindungswiderstand ($R_{joint}$) wird berechnet, indem $t$ (Zeit) angewendet wird, wenn $B(t)/B(t_0)$ bei 1/e liegt, was 0,37 beträgt. Bild 9 c) ist ein Beispiel für die Feldzerfallsdauer in Abhängigkeit von $B(t)/B(t_0)$ an einer Spule mit widerstandsloser, supraleitender Verbindung.

### 5.4.6 Annahmekriterien

Die Anforderungen nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 6, müssen erfüllt werden.

### 5.4.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt des Prüfberichts ist in Anhang C dargestellt.

Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

## 5.5 Feldprüfung

### 5.5.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zur Feldprüfung von in 2G HTS verwendeten Verbindungen fest. Eine „Feldtechnik“ wird dazu angewendet, um *Ic*- oder *Jc*-Schwankungen der Verbindung bei verschiedenen kryogenen Bedingungen (20 K, 30 K, 50 K, und 77 K) unter verschiedenen angelegten externen Magnetfeldern (0 T; 0,35 T; 0,7 T; 1,0 T; 2,0 T; und 3,0 T; dabei ist T die Einheit der magnetischen Feldstärke und steht für „Tesla“) zu verifizieren.

### 5.5.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.

### 5.5.3 Prüfausrüstung

Für die Prüfung müssen kalibrierte und zertifizierte Geräte verwendet werden.

### 5.5.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

5.2.5 nach dieser Norm muss gelten.

### 5.5.5 Prüfung

Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Prüfverfahren oder einem auf 2G HTS anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer, das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Prüfverfahren, die Bewertung und die Berichterstattung nach Bewertungen einschließen.

Der Prüfbereich muss die Verbindung und die angrenzende zugängliche WEZ des Grundwerkstoffs umfassen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert erfolgen und in der kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt werden. Die für die $I_c$-Prüfung verwendeten Proben oder fabrikneue Proben dürfen für diese Prüfung verwendet werden. Die Prüfung muss im Zustand der Schweißnahtüberhöhung mit handelsüblichen Materialien unter Berücksichtigung des thermischen Schrumpfungskoeffizienten durchgeführt werden, so dass Verbindungen nicht während der Prüfung beschädigt werden.

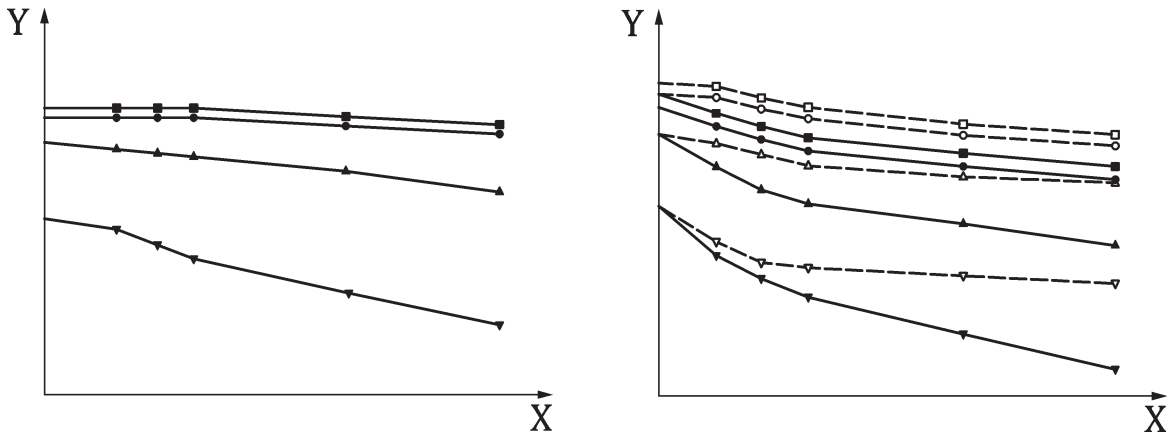
Bei dieser Technik müssen die magnetfeldabhängigen Änderungen in den Werten für die feldkritische Stromstärke ($I_c$) des gefügten Supraleiters, die durch eine Standardprüfung durch Vier-Punkt-Messung nach 5.3.6.1 erzeugt wurden, in einem Bad aus flüssigem Stickstoff ($LN_2$) oder einer anderen zuvor bestimmten kryogenen Umgebung gemessen werden.

Bild 10 enthält Beispiele für normalisierte $I_c$-Schwankungen, deren Magnetfeldrichtung parallel bzw. senkrecht zum supraleitenden Band verläuft, in Abhängigkeit des Magnetfelds und der kryogenen Temperaturen. Die angelegten Magnetfelder können in Übereinstimmung mit den Herstelleranforderungen bestimmt werden.



Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05




**Legende**

| | |
|---|---|
| X | Magnetfeld in [T] |
| Y | $I_c$(B)/$I_c$ (77 K, 0 T) |
| 20 K | SF_20 K |
| 30 K | SF_30 K |
| 50 K | SF_50 K |
| 77 K | SF_77 K |

**Bild 10 — Beispiel für Prüfergebnisse der Feldprüfung**

### 5.5.6 Annahmekriterien

Die Anforderungen nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 7, müssen erfüllt werden.

### 5.5.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt eines Prüfberichts ist in Anhang D dargestellt.

## 5.6 Zugversuch

### 5.6.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zum Zugversuch von in 2G HTS verwendeten Verbindungen fest. Ein Zugversuch wird angewendet, um die Festigkeit der Verbindung zu bestimmen. Die Festigkeit von 2G HTS wird anhand der Verbindungsfestigkeit bestimmt.

### 5.6.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.

### 5.6.3 Prüfausrüstung

Für die Prüfung müssen kalibrierte und/oder zertifizierte Geräte verwendet werden.

### 5.6.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

5.2.4 nach dieser Norm muss gelten.

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

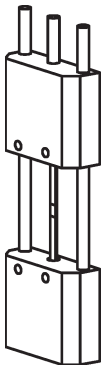
### 5.6.5 Prüfung

Die Prüfung ähnelt einem gewöhnlichem Zugversuch an Metall, mit der Ausnahme, dass sie in der kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt wird und die Probe entweder im Zustand wie geschweißt (Überlappstoß, Brückenstoß oder andere Schweißstoßarten) oder im Zustand der Schweißnahtüberhöhung mit handelsüblichen Materialien unter Berücksichtigung des Koeffizienten der thermischen Schrumpfung durchgeführt wird.

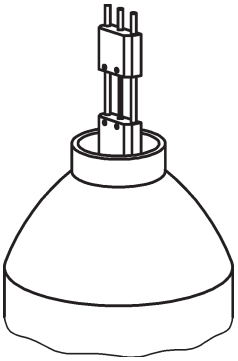
Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Prüfverfahren oder einem auf 2G HTS anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer, das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Prüfverfahren, die Bewertung und die Berichterstattung nach Bewertungen einschließen.

Der Prüfbereich muss die Verbindung und die angrenzende zugängliche WEZ des Grundwerkstoffs umfassen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert erfolgen und in der kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt werden. Für diese Prüfung und die Prüfungen unter kryogenen Bedingungen, bei denen nachgewiesen wird, dass die Werte der kritischen Zugkraft für $I_c$ bestimmt werden können, dürfen die für die $I_c$-Prüfung verwendeten Proben oder fabrikneue Proben verwendet werden.

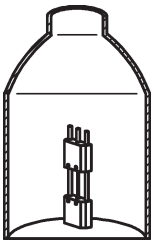
Die Prüfung darf entweder im Zustand der Schweißnahtüberhöhung mit handelsüblichen Materialien unter Berücksichtigung des Koeffizienten der thermischen Schrumpfung oder des Zustands wie geschweißt durchgeführt werden. Bild 11 stellt das Beispiel für Zugversuche unter kryogenen Bedingungen dar.



**a) Die Probe wird im Zugprüfgerät eingespannt**



**b) Die Probe wird in den kryogenen Behälter gelegt**



**c) Bei der Zugprüfung**

**Bild 11 — Beispiel für einen Zugversuch an 2G HTS unter kryogenen Bedingungen**

### 5.6.6 Annahmekriterien

Die Anforderung nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 8, muss erfüllt werden.

### 5.6.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt eines Prüfberichts ist in Anhang E dargestellt.



AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

## 5.7 Biegeversuch

### 5.7.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zum Biegeversuch von in 2G HTS verwendeten Verbindungen fest. Ein Biegeversuch wird angewendet, um den Mindestbiegedurchmesser zu bestimmen.

### 5.7.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.

### 5.7.3 Prüfausrüstung

Für die Prüfung müssen kalibrierte und/oder zertifizierte Geräte verwendet werden.

### 5.7.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

5.2.5 nach dieser Norm muss gelten.

### 5.7.5 Prüfung

Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Prüfverfahren oder einem auf 2G HTS anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer, das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Prüfverfahren, die Bewertung und die Berichterstattung nach Bewertungen einschließen.

Der Prüfbereich muss die Verbindung und die angrenzende zugängliche WEZ des Grundwerkstoffs umfassen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert erfolgen und in der kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt werden. Für diese Prüfung und die Prüfungen unter kryogenen Bedingungen, bei denen nachgewiesen wird, dass der Wert des kritischen Biegedurchmessers für $I_c$ bestimmt werden kann, dürfen die für die $I_c$-Prüfung verwendeten Proben oder fabrikneue Proben verwendet werden.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

Maße in Millimeter

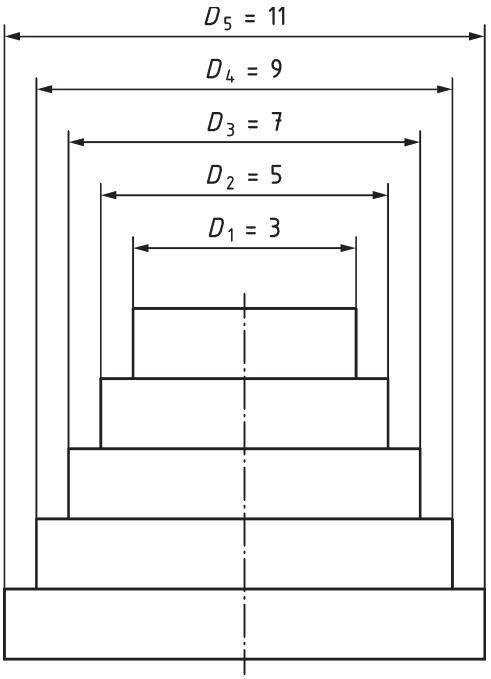



**Bild 12 — Biegemessinstrumente**

### 5.7.6 Annahmekriterien

Die Anforderung nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 9, muss erfüllt werden.

### 5.7.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt eines Prüfberichts ist in Anhang F dargestellt.

## 5.8 Prüfung des kritischen Magnetfelds

### 5.8.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zur Prüfung des kritischen Magnetfelds von in 2G HTS verwendeten Verbindungen fest. Eine Prüfung des kritischen Magnetfelds dient dem Nachweis der Merkmale des kritischen Magnetfelds ($B_c$) der Verbindung.

### 5.8.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.

### 5.8.3 Prüfausrüstung

Für die Prüfung müssen kalibrierte und/oder zertifizierte Geräte verwendet werden.

### 5.8.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

5.2.5 nach dieser Norm muss gelten.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

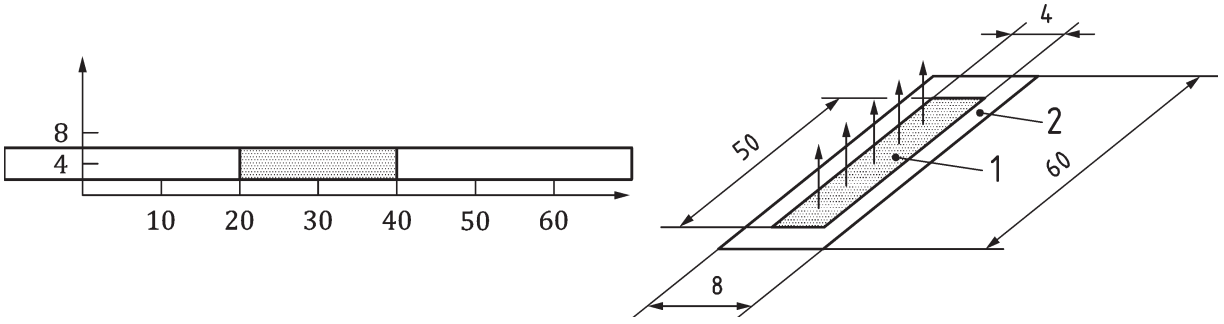
### 5.8.5 Prüfung

Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Prüfverfahren oder einem auf 2G HTS anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer, das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Prüfverfahren, die Bewertung und die Berichterstattung nach Bewertungen einschließen.

Der Prüfbereich muss die Verbindung und die angrenzende zugängliche WEZ des Grundwerkstoffs umfassen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert erfolgen und in der kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt werden. Für diese Prüfung und die Prüfungen unter kryogenen Bedingungen, bei denen nachgewiesen wird, dass der Wert des kritischen Biegedurchmessers für $I_c$ bestimmt werden kann, dürfen die für die $I_c$-Prüfung verwendeten Proben oder fabrikneue Proben verwendet werden.

Das kritische Magnetfeld ($B_c$) darf geprüft werden, wobei die Magnetfelder senkrecht zum 2G HTS-Band ausgerichtet sind. Bild 13 stellt die Prüfung für das Magnetfeld-Verteilungsprofil dar.

Maße in Millimeter




**Legende**

1 Sperrfeld
2 Scanbereich

**Bild 13 — Magnetfeldprüfung**

### 5.8.6 Annahmekriterien

Die Anforderungen nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 10, müssen erfüllt werden.

### 5.8.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt eines Prüfberichts ist in Anhang G dargestellt.

## 5.9 Prüfung der kritischen Stromdichteverteilung

### 5.9.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zur Prüfung der kritischen Stromdichteverteilung von in 2G HTS verwendeten Verbindungen fest. Eine Prüfung der kritischen Stromdichteverteilung dient der Verifizierung der Verteilungsprofile und Eigenschaften der kritischen Stromdichte an der Verbindung.

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05

### 5.9.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.

### 5.9.3 Prüfausrüstung

Für die Prüfung müssen kalibrierte und/oder zertifizierte Geräte verwendet werden.

### 5.9.4 Oberflächenzustand und -vorbereitung

5.2.5 nach dieser Norm muss gelten.

### 5.9.5 Prüfung

Die Prüfung muss nach einem schriftlichen Prüfverfahren oder einem auf 2G HTS anwendbaren Verfahren durchgeführt werden. Das schriftliche Prüfverfahren oder das Verfahren muss mindestens, entweder direkt oder durch Verweisung auf geltende Dokumente, die Verfahrenskennnummer, das Datum, die Überarbeitungsnummer, die Identifizierung der Verbindungen, vollständige Prüfanforderungen einschließlich Prüfverfahren, die Bewertung und die Berichterstattung nach Bewertungen einschließen.

Der Prüfbereich muss die Verbindung und die angrenzende zugängliche WEZ des Grundwerkstoffs umfassen. Die Prüfung muss nach dem Fügen und im abschließend wärmebehandelten Zustand (Oxidationsglühen) oder wie anderweitig gefordert erfolgen und in der kryogenen $LN_2$-Umgebung oder bei einer anderen vom Hersteller bestimmten Temperatur durchgeführt werden. Für diese Prüfung und die Prüfungen unter kryogenen Bedingungen, bei denen nachgewiesen wird, dass die kritische Stromdichteverteilung für $I_c$ bestimmt werden kann, dürfen die für die $I_c$-Prüfung verwendeten Proben oder fabrikneue Proben verwendet werden.

Zur zerstörungsfreien Prüfung der Verteilung der kritischen Stromdichte, *Jc*, wird die Verteilung des magnetischen Feldes, welches durch die *Jc*-Verteilung an der Verbindung erzeugt wird, gemessen. Das aus der *Jc*-Verteilung entstehende magnetische Feld kann durch eine magneto-optische Methode oder durch Abtastung mit einem Hallsensor gemessen werden.

### 5.9.6 Annahmekriterien

Die Anforderungen nach ISO 17279-1:2019, 5.9, Tabelle 11, müssen erfüllt werden.

### 5.9.7 Prüfbericht

Nach Abschluss der Prüfung müssen die Ergebnisse in den Prüfbericht überführt werden. Ein Formblatt eines Prüfberichts ist in Anhang H dargestellt.

## 5.10 Mikroskopische Prüfung und Röntgenbeugungsprüfung

### 5.10.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt legt das Verfahren zur mikroskopischen Prüfung und zur Röntgenbeugungsprüfung von in 2G HTS verwendeten Verbindungen fest. Die mikroskopische und die Röntgenbeugungsprüfung werden angewendet, um die Morphologie und die Struktur der gefügten Proben zu analysieren.

### 5.10.2 Qualifizierung des Prüfpersonals

Die Prüfung muss von qualifiziertem Prüfpersonal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals muss in Übereinstimmung mit einem geeigneten Qualitätssicherungsprogramm durchgeführt werden.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17279-3:2020-05