

DIN CEN ISO/TS 18166

ICS 25.160.01; 35.240.50

**Numerische Schweißsimulation –
Ausführung und Dokumentation (ISO/TS 18166:2016);
Deutsche Fassung CEN ISO/TS 18166:2016**

Numerical welding simulation –
Execution and documentation (ISO/TS 18166:2016);
German version CEN ISO/TS 18166:2016

Simulation numérique de soudage –
Exécution et documentation (ISO/TS 18166:2016);
Version allemande CEN ISO/TS 18166:2016

Gesamtumfang 29 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Das Dokument CEN ISO/TS 18166:2016 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 AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-29 AA „Schweißsimulation (DVS AG I 2.1)“ im der DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Technische Spezifikationen sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Diese Technische Spezifikation ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das mit Rücksicht auf die europäischen Rahmenbedingungen von DIN nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden Technischen Spezifikation wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser Technischen Spezifikation sind erbeten:

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nas@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

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

ISO 4063	siehe	DIN EN ISO 4063
ISO/TR 25901	siehe	DIN-Fachbericht ISO/TR 25901

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 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse— Liste der Prozesse und Ordnungsnummern*

DIN-Fachbericht ISO/TR 25901, *Schweißen und verwandte Verfahren — Terminologie*

Deutsche Fassung

Numerische Schweißsimulation — Ausführung und Dokumentation (ISO/TS 18166:2016)

Numerical welding simulation —
Execution and documentation (ISO/TS 18166:2016)

Simulation numérique de soudage —
Exécution et documentation (ISO/TS 18166:2016)

Diese Technische Spezifikation (CEN/TS) wurde vom CEN am 3. Dezember 2015 als eine künftige Norm zur vorläufigen Anwendung angenommen.

Die Gültigkeitsdauer dieser CEN/TS ist zunächst auf drei Jahre begrenzt. Nach zwei Jahren werden die Mitglieder des CEN gebeten, ihre Stellungnahmen abzugeben, insbesondere über die Frage, ob die CEN/TS in eine Europäische Norm umgewandelt werden kann.

Die CEN Mitglieder sind verpflichtet, das Vorhandensein dieser CEN/TS in der gleichen Weise wie bei einer EN anzukündigen und die CEN/TS verfügbar zu machen. Es ist zulässig, entgegenstehende nationale Normen bis zur Entscheidung über eine mögliche Umwandlung der CEN/TS in eine EN (parallel zur CEN/TS) beizubehalten.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Problembeschreibung	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Simulationsobjekt	9
4.3 Zielsetzung der Simulation	9
4.4 Physikalisches Modell.....	10
4.5 Mathematisches Modell und Lösungsmethode.....	10
4.6 Implementierung.....	11
5 Vorgehensweise	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Vereinfachungen und Annahmen	11
5.2.1 Allgemeines	11
5.2.2 Werkstoffeigenschaften	11
5.2.3 Modellumfang und Modellanwendung.....	11
5.2.4 Kopplung von Analysen.....	12
5.3 Prozessbeschreibung und Prozessparameter	12
5.4 Struktur und Schweißgeometrien.....	12
5.5 Werkstoffe.....	13
5.5.1 Allgemeines	13
5.5.2 Thermophysikalische Eigenschaften des Werkstoffes	13
5.5.3 Thermomechanische Eigenschaften des Werkstoffes	13
5.6 Beanspruchungen und Randbedingungen	13
5.6.1 Allgemeines	13
5.6.2 Thermisch	13
5.6.3 Mechanisch	13
5.7 Überprüfung der Ergebnisse	13
5.8 Angabe der Ergebnisse	14
6 Validierung und Verifizierung.....	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Verifizierung des Simulationsmodells.....	14
6.3 Kalibrierung der Modellparameter	14
6.4 Plausibilitätsprüfung der Simulationsergebnisse.....	14
6.5 Validierung der Simulationsergebnisse.....	15
6.5.1 Allgemeines	15
6.5.2 Richtlinien für Validierungsexperimente.....	15
7 Dokumentation/Angabe der Ergebnisse	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Simulationsobjekt	16
7.3 Werkstoffeigenschaften und Eingabedaten.....	16
7.4 Prozessparameter	16

7.5 Vernetzung..... 16

7.6 Numerische Modellparameter..... 16

7.7 Analyse der Ergebnisse 17

Anhang A (informativ) Dokumentationsvorlage..... 18

Anhang B (informativ) Modellierung der Wärmeübertragung beim Schweißen..... 19

B.1 Allgemeines 19

B.2 Analytische Modelle zur Vorhersage von Temperaturfeldern..... 19

B.3 Kalibrierung von thermischen Modellen der Wärmequelle 20

B.3.1 Allgemeines 20

B.3.2 Modell mit vorgegebener Temperatur (en: prescribed temperature model, PTM) 20

B.3.3 Modell mit vorgegebenem Wärmeeintrag 20

Anhang C (informativ) Richtlinien für Validierungsexperimente..... 21

Anhang D (informativ) Modellierung von Eigenspannungen 23

D.1 Allgemeines 23

D.2 Werkstoffmodellierung..... 23

Anhang E (informativ) Vorhersage des Verzuges..... 25

E.1 Allgemeines 25

E.2 Vereinfachte Methoden 26

Literaturhinweise..... 27

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (CEN ISO/TS 18166:2016) 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 vom DIN gehalten wird.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] ist/sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Technische Spezifikation anzukündigen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/TS 18166:2016 wurde vom CEN als CEN ISO/TS 18166:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der WTO-Grundsätze zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword - Supplementary information (<https://www.iso.org/foreword-supplementary-information.html>).

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 44, *Welding and allied processes*.

Anfragen zu offiziellen Interpretationen jeglichen Aspektes dieser Technischen Spezifikation sollten über die jeweilige nationale Normungsorganisation an das Sekretariat ISO/TC 44/SC 10 gerichtet werden, eine vollständige Liste ist auf www.iso.org angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Technische Spezifikation befasst sich mit der Vorgehensweise zur Durchführung, Validierung, Verifizierung und Dokumentation einer numerischen Schweißsimulation zur rechnerischen Abbildung des Schweißprozesses (CWM, en: computational welding mechanics). Hierzu bezieht sich diese Technische Spezifikation vorrangig auf die thermische und mechanische Finite-Elemente-Methode (FEM) (FEA, en: finite element analysis) beim Schmelzschweißen (siehe ISO/TR 25901:2007, 2.165) von metallischen Bauteilen und Konstruktionen.

Die numerische Schweißsimulation zur CWM ist ein breites und wachsendes Einsatzgebiet der technischen Analyse.

Diese Technische Spezifikation behandelt folgende Aspekte und Ergebnisse der CWM, mit Ausnahme der Simulation des Verfahrens an sich:

- Wärmestrom während der Analyse einer oder mehrerer Lagen;
- durch den Wärmestrom bedingte Wärmeausdehnung;
- thermische Spannungen;
- Entstehung unelastischer Dehnungen;
- Auswirkung der Temperatur auf Werkstoffeigenschaften;
- Vorhersage der Eigenspannungsverteilungen;
- Vorhersage des Schweißverzuges.

Diese Technische Spezifikation bezieht sich auf folgende physikalische Effekte, die jedoch nicht ausführlich behandelt werden:

- Physik der Wärmequelle (z. B. Laser oder Lichtbogen);
- Physik des Schweißbads (und Keyhole für Hochleistungsstrahlschweißungen);
- Ausbildung und Retention von festen Phasen im Nichtgleichgewichtszustand;
- Lösung und Ausscheidung von Sekundärphasenpartikeln;
- Auswirkung des Mikrogefüges auf Werkstoffeigenschaften.

Diese Technische Spezifikation wurde nicht für die Anwendung in einer spezifischen Industriebranche erstellt. CWM kann bei der Gestaltung und Bewertung einer Vielzahl von Bauteilen nützlich sein. Es ist vorgesehen, dass dieses System es Industrieorganisationen oder Firmen ermöglicht, erforderliche Niveaus der CWM für spezifische Anwendungen festzulegen.

Diese Technische Spezifikation ist unabhängig von der Software und der Durchführung und somit nicht auf die FEM oder eine bestimmte Industriebranche beschränkt.

Sie schafft einheitliche Rahmenbedingungen für die wesentlichen Aspekte der üblicherweise angewendeten Methoden und die Zielsetzung der CWM (einschließlich Validierung und Verifizierung für die objektive Beurteilung von Simulationsergebnissen).

Außerdem bietet sie durch Darstellung und Beschreibung der für eine vollständige numerische Schweißsimulation mindestens erforderlichen Aspekte eine Einleitung in die rechnerische Abbildung des

Schweißprozesses (CWM). (Die angegebenen Beispiele dienen dazu, die Anwendung dieser Technischen Spezifikation zu verdeutlichen; diese Beispiele können für Personen, die ihre CWM-Kompetenz erweitern wollen, hilfreich sein.)

Abschnitt 4 dieser Technischen Spezifikation enthält nähere Angaben zur allgemein gültigen Simulationsstruktur und zur entsprechenden Anwendung. Abschnitt 5 verweist auf entsprechende Teile dieser Technischen Spezifikation, in denen die Struktur für die jeweiligen Anwendungsfälle konkretisiert und Beispiele gegeben werden. Anhang A enthält eine Dokumentationsvorlage zur Förderung der Konsistenz der berichteten Simulationsergebnisse.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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/TR 25901 *Welding and related processes — Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/TR 25901 und die folgenden Begriffe.

3.1

Randbedingungen

Bedingungen, die entlang der räumlichen Begrenzung eines Rechenmodells zu erfüllen sind, die die Beziehung zwischen den berechneten und nicht berechneten Modellbereichen (Domains) beschreiben

Anmerkung 1 zum Begriff: Vollständige Randbedingungen liefern eine eindeutige Lösung des spezifischen zu lösenden mathematischen Problems

3.2

geometrisches Modell

Beschreibung aller Geometrien, die in einer Simulation analysiert wurden, einschließlich Dimensionalität des Simulationsobjekts

3.3

mathematisches Modell

Modell, das die wesentlichen zugrundeliegenden mathematischen Gleichungen inklusive zugehöriger Anfangs- und Randbedingungen umfasst

3.4

numerische Simulation

Simulation, die mittels mathematischer Methoden im Allgemeinen mit einem Computer durchgeführt wird

3.5

physikalisches Modell

Gesamtheit der für das vorliegende Simulationsobjekt relevanten zu simulierenden physikalischen Effekte und Anfangs- und Randbedingungen sowie getroffene Vereinfachungen und Annahmen

3.6

Plausibilitätsprüfung

Kontrolle vorliegender Berechnungsergebnisse hinsichtlich Übereinstimmung mit prinzipiellen physikalischen Grundsätzen