

DIN EN 2133



ICS 49.040

Ersatz für
DIN EN 2133:2011-05

**Luft- und Raumfahrt –
Kadmieren von Stählen mit einer Zugfestigkeit $\leq 1\,450$ MPa, von Kupfer,
von Kupferlegierungen und von Nickellegierungen;
Deutsche und Englische Fassung EN 2133:2020**

Aerospace series –

Cadmium plating of steels with specified tensile strength $\leq 1\,450$ MPa, copper, copper alloys and nickel alloys;

German and English version EN 2133:2020

Série aérospatiale –

Cadmiage électrolytique des aciers de résistance $\leq 1\,450$ MPa, du cuivre, des alliages de cuivre et des alliages de nickel;

Version allemande et anglaise EN 2133:2020

Gesamtumfang 44 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (EN 2133:2020) wurde von ASD-STAN, Fachbereich „Werkstoffe“ unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-02-04 AA „Oberflächenschutz“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokumentes die Englische Fassung hinzugefügt.

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

ISO 2859-1 siehe DIN ISO 2859-1

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 2133:2011-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 2133: 1984-02, 1985-02, 1998-01, 2011-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 2859-1, *Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) — Teil 1: Nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) geordnete Stichprobenpläne für die Prüfung einer Serie von Losen*

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
Kadmieren von Stählen mit einer
Zugfestigkeit $\leq 1\,450$ MPa, von Kupfer, von Kupferlegierungen
und von Nickellegierungen

Aerospace series —
Cadmium plating of steels with
specified tensile strength $\leq 1\,450$ MPa, copper,
copper alloys and nickel alloys

Série aérospatiale —
Cadmiage électrolytique des aciers
de résistance $\leq 1\,450$ MPa, du cuivre, des alliages
de cuivre et des alliages de nickel

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 4. Oktober 2020 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Zweck des Verfahrens	8
5 Einschränkungen der Verwendung des Verfahrens	8
6 Beschichtungsdicke	9
7 Symbole	9
8 Informationen für den Ausführenden	9
9 Zustand der Teile vor der Behandlung	9
10 Verfahrensablauf	10
10.1 Allgemeines	10
10.2 Abdecken	10
10.3 Oberflächen-Vorbehandlung	10
10.4 Nickel-Unterschicht	10
10.5 Kadmieren	10
11 Nachbehandlung	11
11.1 Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen	11
11.2 Nachbehandlung	11
12 Entfernen der Beschichtung	11
13 Erforderliche Eigenschaften	12
13.1 Aussehen	12
13.2 Adhäsion	12
13.3 Beschichtungsdicke	12
13.4 Wasserstoffversprödung von Stählen	12
Für Verbindungselemente:	12
13.5 Korrosionsbeständigkeit	12
14 Prüfverfahren	13
14.1 Für die Zulassung des Verfahrens	13
14.1.1 Aussehen	13
14.1.2 Adhäsion	13
14.1.3 Beschichtungsdicke	13
14.1.4 Wasserstoffversprödung	13
14.1.5 Korrosionsbeständigkeit	14
14.2 Für die Annahme der Teile	14
14.2.1 Aussehen	14
14.2.2 Adhäsion	14
14.2.3 Beschichtungsdicke	14
15 Regelmäßige Prüfungen	15
16 Qualitätssicherung	15

16.1	Zulassung des Ausführenden	15
16.2	Zulassung des Verfahrens	15
16.3	Abnahme.....	16
16.4	Neubehandlung	16
16.5	Regelmäßige chemische Analyse.....	16
17	Bezeichnung	16
Anhang A (normativ) Prozessablauf		17
Anhang B (informativ) Übersicht der Änderungen zur Vorgängerversion.....		18
Literaturhinweise.....		21

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 2133:2020) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat dieses Dokument die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Dieses Dokument muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2021 zurückgezogen werden.

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.

Dieses Dokument ersetzt EN 2133:2010.

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

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur früheren Ausgabe sind in der folgenden Tabelle angegeben.

prEN/EN-Nummer	Ausgabe	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
prEN 2133	1	02/2010	—
	2	09/2020	<u>1 — Anwendungsbereich:</u> Dieses Dokument legt die Kadmierung von Teilen und Verbindungselementen dar (Hinzufügung von „und Verbindungselementen“). <u>2 — Normative Verweisungen:</u> EN 9100 ist keine normative Verweisung mehr. EN 9100 wurde den Literaturhinweisen hinzugefügt. Grund hierfür ist, dass nach der CEN/CENELEC Geschäftsordnung, Teil 3 (Februar 2017) (siehe 33 — Aspekte der Konformitätsbewertung) kein Dokument, das Anforderungen an Produkte, Prozesse, Dienstleistungen, Personen, Systeme und Einrichtungen enthält, die Konformität von einer Norm zu Qualitätsmanagementsystemen abhängig machen darf, d. h. es darf beispielsweise nicht normativ auf ISO 9001 verweisen. <u>3.1 — Los:</u> Hinzufügung von „Anmerkung 1 zum Eintrag: Bei mechanischen Teilen, Wasserstoffversprödung zur gleichen Zeit entspannt“.

prEN/EN-Nummer	Ausgabe	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
			<u>4 — Zweck des Verfahrens:</u> Einführung der drei Typen: — Typ 1: wie beschichtet; — Typ 2: mit auf sechswertigem Chrom basierender Nachbehandlung; — Typ 3: ohne sechswertiges Chrom. <u>8 — Informationen für den Ausführenden:</u> „Anforderungen an andere Oberflächennachbehandlungen als Chromatieren, wie z. B. Phosphatieren“ wurde ersetzt durch „Anforderungen an andere Oberflächennachbehandlungen als Nachbehandlung Typ 2 oder Typ 3, wie z. B. Phosphatieren“. <u>Tabelle 1 — Spannungsarmglühen von Stahlteilen:</u> Entfernung der Toleranz von ± 10 °C. Hinzufügung von Anmerkung b. Bei $1\ 100\ \text{MPa} < \text{UTS} \leq 1\ 450\ \text{MPa}$: die Dauer beträgt min. 4 h. (statt min. 1 h) und das Spannungsarmglühen findet nun von 175 °C bis 215 °C statt (statt 190 °C bis 230 °C). Bei einsatzgehärteten Teilen findet das Spannungsarmglühen nun von 130 °C bis 160 °C statt (statt 130 °C bis 150 °C). <u>10 — Verfahrensablauf</u> Hinzufügung eines Prozess-Flussdiagramms (siehe Anhang A). <u>10.2 — Abdecken:</u> Redaktionelle Änderung: Abdecken (statt Abdeckung). <u>10.4 — Nickel-Unterschicht:</u> Die Nickel-Unterschicht ist bei korrosionsbeständigen Stählen obligatorisch und bei anderen Stahlarten notwendig. <u>10.5 — Kadmierung:</u> Falls Glanzmittel verwendet werden, muss die Abwesenheit der Wasserstoffversprödung nach ASTM F519 nachgewiesen werden. <u>11.1 — Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen:</u> Redaktionelle Änderung: Wasserstoffversprödungs-Entspannung (statt Entsprödung). <u>Tabelle 2 — Wasserstoffversprödungs-Entspannung bei Stahlteilen:</u> Entfernung der Toleranz von ± 10 °C. Hinzufügung von Anmerkung b. Bei $1\ 100\ \text{MPa} < \text{UTS} \leq 1\ 450\ \text{MPa}$: das Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen findet nun von 175 °C bis 215 °C statt (statt 190 °C bis 230 °C). Bei einsatzgehärteten oder nitrierten Teilen findet das Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen nun von 130 °C bis 160 °C statt (statt 130 °C bis 150 °C). <u>11.2 — Nachbehandlung:</u> Statt „Chromatierung“ wird der Begriff „Nachbehandlung“ verwendet. Einführung der Typen 1, 2 und 3 innerhalb dieses Unterabschnittes.

prEN/EN-Nummer	Ausgabe	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
			<u>13.1 — Äußere Beschaffenheit:</u> Neue, typenabhängige Anforderungen. <u>13.4 — Wasserstoffversprödung von Stählen</u> Die Anforderungen sind nun für Teile und Verbindungselemente ausgeführt. <u>13.5 — Korrosionsbeständigkeit</u> Neue, typenabhängige Anforderungen. <u>14.1.2 — Adhäsion:</u> Hinzufügung einer anderen Prüfungsbeschreibung. Die Anforderungen sind nun für die Prüfung durch Pressglänzen und die Gitterschnittprüfung dargelegt. <u>14.1.4 — Wasserstoffversprödung:</u> Vollständige Überarbeitung der Anforderungen dieses Abschnittes. <u>14.1.5 — Korrosionsbeständigkeit:</u> Die Anforderungen sind nun für Teile und Verbindungselemente ausgeführt. <u>14.2.3 — Beschichtungsdicke:</u> Hinzufügung von Anforderungen hinsichtlich der Messung der Dicke in schwer zu erreichenden Bereichen. <u>15 — Regelmäßige Prüfungen:</u> Hinzufügung dieses Abschnittes. <u>Tabelle 3 — Mindestanforderungen an regelmäßige Prüfungen:</u> Hinzufügung dieser Tabelle. <u>16.3 — Abnahme:</u> Falls nicht anders festgelegt, muss die Prüfung der äußeren Beschaffenheit am ganzen Los durchgeführt werden. <u>16.5 — Regelmäßige chemische Analyse:</u> Hinzufügung dieses Abschnittes. <u>17 — Bezeichnung:</u> Hinzufügung des Typs in der Bezeichnung. <u>Anhang A (normativ) — Prozessablauf:</u> Hinzufügung dieses Anhangs. *** <u>Anmerkung der Verfasser der Revision dieses Dokuments:</u> Die neuen Anforderungen an die Stichprobenanweisung werden derzeit untersucht und im Zuge der nächsten Revision eventuell geändert.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt das elektrolytische Kadmieren von Teilen aus Stahl mit einer Zugfestigkeit $UTS \leq 1\,450$ MPa, aus Kupfer, Kupferlegierungen und Nickellegierungen fest, deren Betriebstemperatur 235 °C nicht überschreitet.

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).

EN 2828, *Luft- und Raumfahrt — Prüfung der Haftfestigkeit von metallischen Beschichtungen durch Preßglänzen*

EN 2831, *Luft- und Raumfahrt — Wasserstoffversprödung von Stählen — Langsamer Biegeversuch*

EN 2832, *Luft- und Raumfahrt — Wasserstoffversprödung von Stählen — Kerbzugversuch*

EN ISO 1463:2004, *Metall- und Oxidschichten — Schichtdickenmessung — Mikroskopisches Verfahren (ISO 1463:2003)*

EN ISO 2082:2017, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Galvanische Cadmiumüberzüge auf Eisenwerkstoffen mit zusätzlicher Behandlung (ISO 2082:2017)*

EN ISO 2177:2004, *Metallische Überzüge — Schichtdickenmessung — Coulometrisches Verfahren durch anodisches Ablösen (ISO 2177:2003)*

EN ISO 2178:2016, *Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen — Messen der Schichtdicke — Magnetverfahren (ISO 2178:2016)*

EN ISO 2409:2013, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409:2013)*

EN ISO 2819:2018, *Metallische Überzüge auf metallischen Grundwerkstoffen — Galvanische und chemische Überzüge — Überblick über Methoden der Haftfestigkeitsprüfung (ISO 2819:2017)*

EN ISO 3497:2001, *Metallische Schichten — Schichtdickenmessung — Röntgenfluoreszenz-Verfahren (ISO 3497:2000)*

EN ISO 9227:2017, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227:2017)*

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 4520:1981, *Chromate conversion coatings on electroplated zinc and cadmium coatings*

ASTM B117, *Salzsprühnebelprüfung*¹

1 Veröffentlicht durch: ASTM National (US) American Society for Testing and Materials, <http://www.astm.org/>.

ASTM F519, *Standard test method for mechanical hydrogen embrittlement — Evaluation of plating/coating process and service environment*¹

NASM 1312-5, *Fastener Test Methods — Method 5 — Stress Durability*²

NASM 1312-14, *Fastener Test Methods — Method 14 — Stress Durability, Internally Threaded Fasteners*²

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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/>

3.1

Los

falls nicht anders festgelegt, Teile gleicher Art (Form, Größe, Werkstoff), die gleichzeitig in denselben Bädern behandelt wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Für mechanische Teile wurde gleichzeitig die Wasserstoffversprödung abgebaut.

3.2

Ausfallmuster

Teil, das für die künftige Fertigung repräsentativ ist

4 Zweck des Verfahrens

Sicherstellung eines Korrosionsschutzes oder Verminderung der Auswirkung des galvanischen Potentials bei unterschiedlichen Werkstoffpaarungen wie z. B. Stahl, Aluminium oder Magnesium.

- Typ 1: wie beschichtet;
- Typ 2: mit auf sechswertigem Chrom basierender Nachbehandlung;
- Typ 3: ohne sechswertiges Chrom.

5 Einschränkungen der Verwendung des Verfahrens

Kontakt kadmierter Teile mit Titan, Titanlegierungen, Kraftstoff und Kraftstoffleitungen:

- ist bei Temperaturen < 150 °C zu vermeiden;
- ist bei Temperaturen ≥ 150 °C nicht zulässig.

2 Veröffentlicht durch: AIA National (US) Aerospace Industries Association of America, <http://www.aia-aerospace.org/>.

6 Beschichtungsdicke

Falls nicht anders in der Produktnorm oder in den Bauunterlagen festgelegt, sind die Schichtdicken wie folgt:

- Klasse A: 10 µm bis 20 µm;
- Klasse B: 5 µm bis 14 µm;
- Klasse C: 5 µm bis 10 µm.

ANMERKUNG Die angegebenen Schichtdicken beziehen sich nur auf die Cadmiumschicht (einschließlich Nachbehandlung). Die Schichtdicken der Vorvernickelung werden als vernachlässigbar angesehen.

7 Symbole

UTS: Höchstzugfestigkeit

8 Informationen für den Ausführenden

- Bezeichnung, siehe Abschnitt 17;
- Nummer der Norm des Trägermaterials und dessen metallurgischer Zustand;
- zu behandelnde Flächen;
- Schichtdicken-Messpunkte;
- Dauer und Temperatur der Wärmebehandlung vor und nach dem Beschichten;
- Stellen mit elektrischem Kontakt oder Bereiche, in denen elektrische Kontakte nicht zulässig sind;
- Anforderungen für die Fertigstellung von anderen Nachbehandlungen als Typ 2 oder Typ 3, z. B. Phosphatieren;
- Festlegung zur Prüfung an Teilen und/oder Proben.

9 Zustand der Teile vor der Behandlung

Schweißen, Löten, Hartlöten, mechanische Verfahren und Wärmebehandlungen müssen abgeschlossen sein.

Wenn nicht anders festgelegt müssen die Bedingungen für das Spannungsarmglühen von Stahlteilen Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Spannungsarmglühen von Stahlteilen

UTS MPa	Spannungsarmglühen ^a
$\leq 1\,100$	Nicht erforderlich
$> 1\,100$ und $\leq 1\,450$	175 °C bis 215 °C ^b , 4 h min.
Einsatzgehärtete Teile	130 °C bis 160 °C ^b , 6 h min.
^a Entspannungsverfahren sind nicht nötig für Verbindungselemente, die nach der Wärmebehandlung nicht kaltverformt oder maschinell bearbeitet wurden. ^b Die Temperatur muss auf Grundlage der technischen Zeichnungen, Teilennormen, Beschaffungsspezifikationen oder Vertrags-/Bestellungsangaben gewählt werden.	

Eine leichte Verfärbung der Oberfläche durch Oxidation ist zulässig.

Falls Kugelstrahlen vorgegeben ist, muss dies nach den Entspannungsverfahren durchgeführt werden.

10 Verfahrensablauf

10.1 Allgemeines

Für den Prozessablauf siehe Anhang A (normativ), Bild A.1.

10.2 Abdecken

Flächen auf Bauteilen, die nach Angabe des Käufers nicht kadmiert werden dürfen, müssen mit geeigneten Mitteln abgedeckt werden.

10.3 Oberflächen-Vorbehandlung

Unter der Oberflächenvorbehandlung versteht man alle Methoden, die das vollständige Entfernen aller Oberflächenkontaminationen bewirken.

Verfahren, welche zu einer Wasserstoffbeladung des Werkstoffs führen können, sind zu vermeiden.

10.4 Nickel-Unterschicht

Falls notwendig, sollte eine Nickel-Unterschicht auf Stählen, Kupfer und Kupferlegierung, Nickel und Nickellegierung aufgebracht werden, um die Adhäsion der Kadmierung sicherzustellen.

An korrosionsbeständigem Stahl: eine Nickel-Unterschicht ist obligatorisch.

An anderen Arten von Stahl: eine Nickel-Unterschicht ist notwendig.

10.5 Kadmieren

Das Kadmieren sollte vorzugsweise ohne Zusätze von Glanzmitteln erfolgen. Falls Glanzmittel verwendet werden, muss die Abwesenheit der Wasserstoffversprödung nach ASTM F519 nachgewiesen werden.

Die Zusammensetzung des Bads sowie die Verfahrensparameter müssen so gewählt sein, dass die Anforderungen an die Cadmiumbeschichtung nach dieser Norm (siehe Abschnitt 13) erfüllt sind, wobei Benetzungsmittel zulässig sind.

Benetzungsmittel dürfen keinen negativen Effekt auf das Versprödungsverhalten haben.

11 Nachbehandlung

11.1 Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen

Das Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen ist innerhalb von 4 h nach dem Kadmieren (letzter Wasserstoffbeladungsprozess) nach Tabelle 2 durchzuführen.

Tabelle 2 — Wasserstoffversprödungs-Entspannung bei Stahlteilen

Substrat	Temperatur ^a °C	Mindestdauer ^a h
Stähle 1 100 MPa < UTS ≤ 1 450 MPa	175 °C bis 215 °C ^b	23
Einsatzgehärtete oder nitrierte Teile	130 °C bis 160 °C ^b	23
Sonstige Werkstoffe	Nicht erforderlich	
^a Andere Bedingungen können nach Vereinbarung zwischen Ausführendem und Käufer verwendet werden.		
^b Die Temperatur muss auf Grundlage der technischen Zeichnungen, Teilennormen, Beschaffungsspezifikationen oder Vertrags-/Bestellungsangaben gewählt werden.		

11.2 Nachbehandlung

Falls nicht anders festgelegt, muss eine Nachbehandlung erfolgen.

Diese muss nach dem Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen durchgeführt werden. Zum Beispiel nach ISO 4520, Typ B (gelb), Klasse 2C oder sonstiger Nachbehandlung ohne sechswertiges Chrom.

- Typ 1: wie beschichtet;
- Typ 2 mit sechswertigem Chrom nach dem Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen;
- Typ 3: ohne sechswertiges Chrom vor oder nach dem Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen.

Falls in der Bestellung kein Typ angegeben wird, kann der Lieferant zwischen Typ 2 oder 3 wählen.

12 Entfernen der Beschichtung

Es können elektrochemische und chemische Verfahren angewandt werden. Die Abtragungsvarianten dürfen jedoch nicht zu einer Aufräumung, zum Lochfraß oder zu einer Versprödung des Grundwerkstoffs führen oder negativen Einfluss auf dessen Abmessungen haben.

Es sollten keine chemischen Abtragungsverfahren gewählt werden, die zu einer Wasserstoffbeladung der Werkstücke führen könnten. Falls dieses nicht sichergestellt werden kann, ist ein Wasserstoffversprödung-Spannungsarmglühen nach den Vorgaben der Tabelle 2 im Anschluss an die Abtragung erforderlich.

13 Erforderliche Eigenschaften

13.1 Aussehen

Die Oberfläche muss mattglänzend, gleichmäßig und frei sein von:

- rauhen, verbrannten oder pulvrigen Bereichen;
- Lochfraß;
- Abblätterungen;
- Blasen.

Bei Typ 2, mit sechswertigem Chrom, muss die Oberfläche von irisierender, goldener oder Messing-Farbe sein.

Bei Typ 3, ohne sechswertiges Chrom, muss die Farbe zwischen Lieferanten und Kunden vereinbart werden.

13.2 Adhäsion

Siehe 14.1.2.

13.3 Beschichtungsdicke

Siehe Abschnitt 6.

13.4 Wasserstoffversprödung von Stählen

Falls nicht anders festgelegt, sind diese Prüfungen auf Stähle der Zugfestigkeit $UTS > 1\,100\text{ MPa}$ anwendbar.

Für Teile:

- kein Bruch innerhalb von 200 h (nach EN 2832 oder ASTM F519); oder
- abschließende Dehnbarkeit $\geq 94\%$ der anfänglichen Dehnbarkeit (wenn EN 2831 Anwendung findet).

Für Verbindungselemente:

Die minimale Prüflast muss 85 % der in der Spezifikation des Endproduktes nach NASM 1312-5 oder NASM 1312-14 festgelegten äußersten Mindest-Zugkraft betragen. Die Last darf nicht weniger als 72 h aufgebracht werden. Die Verbindungselemente müssen untersucht werden und dürfen keine Risse oder Brüche aufweisen.

13.5 Korrosionsbeständigkeit

Nach Einwirkung von neutralem Salzsprühnebel (NSS muss nach EN ISO 9227 und ASTM B117 durchgeführt werden):

- an kadmierten Teilen mit ergänzender Nachbehandlung mit oder ohne Chrom (Typ 2 und 3) dürfen weiße Cadmiumsalze innerhalb von 96 h nicht auftreten. Innerhalb von 336 h darf keine Korrosion des Trägermaterials auftreten;
- auf kadmierten Bauteilen ohne Nachbehandlung für verchromte Bauteile (Typ 1) darf innerhalb von 240 h keine Korrosion des Trägermaterials auftreten.