

DIN EN ISO 14713-2



ICS 25.220.40; 91.080.13; 91.080.17

Einsprüche bis 2019-05-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 14713-2:2010-05

Entwurf

**Zinküberzüge –
Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und
Stahlkonstruktionen vor Korrosion –
Teil 2: Feuerverzinken (ISO/DIS 14713-2:2019);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 14713-2:2019**

Zinc coatings –

Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures –

Part 2: Hot dip galvanizing (ISO/DIS 14713-2:2019);

German and English version prEN ISO 14713-2:2019

Revêtements de zinc –

Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions –

Partie 2: Galvanisation à chaud (ISO/DIS 14713-2:2019);

Version allemande et anglaise prEN ISO 14713-2:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-03-08 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 nmp@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 Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin, 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 55 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14713-2:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-75 AA „Schmelztauchüberzüge“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Der Arbeitsausschuss weist daraufhin, dass im Sinne dieser Norm die Übersetzung des englischen Begriffes „coated“ mit „feuerverzinkt“ erfolgt ist. Weiterhin wurde ebenso der englische Begriff „galvanizer“ mit „Feuerverzinkerei“ übersetzt.

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

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

ISO 898 (all parts)	siehe DIN EN ISO 898 (alle Teile)
ISO 1461	siehe DIN EN ISO 1461
ISO 2080	siehe DIN EN ISO 2080
ISO 8044	siehe DIN EN ISO 8044
ISO 10684	siehe DIN EN ISO 10684
ISO 12944-5	siehe DIN EN ISO 12944-5

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 14713-2:2010-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) geringfügige technische Änderungen in Tabelle 1 und Ergänzung von zwei neuen Anmerkungen zu Tabelle 1;
- b) Verbesserungen der Eindeutigkeit der Empfehlungen im gesamten Abschnitt 6;
- c) umfangreiche Überarbeitung der Bilder in Anhang A;
- d) Ergänzung der Tabellen A.1, A.2 und A.3 in Anhang A;
- e) weitere geringfügige technische und redaktionelle Änderungen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 898 (alle Teile), *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl*

DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*

DIN EN ISO 2080, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Oberflächenbehandlung, metallische und andere anorganische Überzüge — Wörterbuch*

DIN EN ISO 8044, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Grundbegriffe*

DIN EN ISO 10684, *Verbindungselemente — Feuerverzinkung*

DIN EN ISO 12944-5, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 5: Beschichtungssysteme*

— Leerseite —

Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Teil 2: Feuerverzinken (ISO/DIS 14713-2:2019)

Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions — Partie 2 : Galvanisation à chaud (ISO/DIS 14713-2:2019)

Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures — Part 2: Hot dip galvanizing (ISO/DIS 14713-2:2019)

ICS:

Deskriptoren:

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

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Gestaltung für das Feuerverzinken	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Oberflächenvorbereitung	6
4.3 Verfahrensweise bei gestaltungsbezogenen Betrachtungen	6
4.4 Gestaltungshinweise	7
4.5 Grenabweichungen	8
5 Gestaltungshinweise für Lagerung und Transport	8
6 Einfluss des Zustands des Bauteils auf die Qualität der Feuerverzinkung	8
6.1 Allgemeines	8
6.1.1 Werkstoffzusammensetzung	9
6.1.2 Gussteile	9
6.2 Oberflächenzustand	10
6.3 Einfluss der Oberfläch Rauheit des Stahls auf die Dicke des Überzugs	11
6.4 Einfluss von thermischen Schneidverfahren und Schweißen	11
6.4.1 Thermisches Schneiden	11
6.4.2 Schweißen	11
6.4.3 Freie Kanten	11
6.5 Einfluss innerer Spannungen im Stahlbauteil	11
6.5.1 Allgemeines	11
6.5.2 Rissbildung durch Verzug	12
6.5.3 Wasserstoffversprödung	12
6.5.4 Versprödung durch Reckalterung	12
6.5.5 Flüssigmetallinduzierte Rissbildung (LMAC) oder Flüssigmetallversprödung (LME)	13
6.6 Große oder dickwandige Bauteile aus Stahl	13
6.7 Feuerverzinkungspraxis	13
7 Einfluss des Feuerverzinkens auf das Bauteil	14
7.1 Grenabweichungen für Gewindepaarungen	14
7.2 Einfluss der Prozesswärme	14
8 Nachbehandlungen	14
Anhang A (informativ) Bevorzugte Gestaltung von Bauteilen für das Feuerverzinken	15
Literaturhinweise	27

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14713-2:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 14713-2:2010 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 14713-2:2019 wurde von CEN als prEN ISO 14713-2:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in dem Erarbeiten von Internationalen Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der Mitgliedsländer, die abgestimmt haben, benötigt.

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.

ISO 14713-2 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107, *Metallic and other inorganic coatings*, Unterkomitee SC 4, *Hot dip coatings (galvanized, etc.)* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt ISO 14713-2:2009, die technisch überarbeitet wurde.

ISO 14713 besteht unter dem allgemeinen Titel *Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: General principles of design and corrosion resistance*
- *Part 2: Hot dip galvanizing*
- *Part 3: Sherardizing*

Die wesentlichen Änderungen in dieser überarbeiteten Ausgabe gegenüber ISO 14713-2:2009 sind folgende:

- geringfügige technische Änderungen in Tabelle 1 und Ergänzung von zwei neuen Anmerkungen zu Tabelle 1;
- Verbesserungen in der Eindeutigkeit der Empfehlungen im gesamten Abschnitt 6;
- umfangreiche Überarbeitung der Bilder in Anhang A;
- Ergänzung der Tabellen A.1, A.2 und A.3 in Anhang A;
- weitere geringfügige technische und redaktionelle Änderungen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 14713 bietet Leitfäden und Empfehlungen für die allgemeinen Grundlagen der Gestaltung von Bauteilen, die zum Schutz gegen Korrosion einen Überzug durch Feuerverzinken (z. B. nach ISO 1461) nach der Fertigung erhalten, z. B. Bauteilen, die nach EN 1090-2 gefertigt wurden.

Der Schutz des Feuerverzinkungsüberzugs für das Bauteil hängt von dem zum Aufbringen des Überzugs angewendeten Verfahren, der Gestaltung des Bauteils und der spezifischen Umgebung der das Bauteil ausgesetzt wird, ab. Das feuerverzinkte Bauteil kann weiterhin durch Aufbringen zusätzlicher Beschichtungen (die nicht in den Anwendungsbereich dieses Teils von ISO 14713 fallen) geschützt werden, z. B. organische Beschichtungen (Anstriche oder Pulverbeschichtungen). Bei Anwendung auf feuerverzinkten Bauteilen wird dieses kombinierte Beschichtungssystem häufig als „Duplex-System“ bezeichnet.

Anforderungen, die für ein bestimmtes Produkt gelten (z. B. für feuerverzinkte Überzüge auf Rohren oder Verbindungselementen usw.), haben eine höhere Priorität als die hier angegebenen allgemeinen Empfehlungen.

Diese Norm gilt nicht für Feuerverzinkungsüberzüge, die im kontinuierlichen Verfahren auf Stahlband aufgebracht werden (z. B. nach EN 10346).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles — Specifications and test methods*

ISO 8044, *Corrosion of metals and alloys — Basic terms and definitions*

ISO 2080, *Metallic and other inorganic coatings — Surface treatment, metallic and other inorganic coatings — Vocabulary*

ISO 10684, *Fasteners — Hot dip galvanized coatings*

ISO 12944-5, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems*

EN 10210-1, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10219-1, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10240, *Innere und/oder äußere Schutzüberzüge für Stahlrohre — Festlegungen für durch Schmelztauchverzinken in automatisierten Anlagen hergestellte Überzüge*

EN 1090-2:2018, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8044 und die folgenden Begriffe.

3.1

Feuerverzinken

Vorgang, bei dem ein Überzug aus Zink und/oder einer Zink-Eisen-Legierung auf Eisen- oder Stahlprodukten durch das Eintauchen von vorbehandeltem Stahl oder Gusseisen in geschmolzenes Zink hergestellt wird

3.2

Feuerverzinkungsüberzug

Überzug, der durch Feuerverzinken erzielt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für den Begriff „Feuerverzinkungsüberzug“ wird nachfolgend der Begriff „Überzug“ angewendet.

4 Gestaltung für das Feuerverzinken

4.1 Allgemeines

Es ist wesentlich, dass bei der Gestaltung aller Bauteile, die mit einem Finish zu versehen sind, nicht nur die Funktion des Bauteils und sein Herstellungsverfahren berücksichtigt werden sollten, sondern auch die Einschränkungen, die durch den Überzug entstehen. In Anhang A werden einige wichtige Gestaltungsmerkmale dargestellt, von denen einige spezifisch für das Feuerverzinken sind.

Beim Feuerverzinkungsprozess werden in den zu verzinkenden Bauteilen innere Spannungen teilweise abgebaut, woraus eine Verformung oder Beschädigung des verzinkten Bauteils resultieren kann. Diese inneren Spannungen entstehen fertigungsbedingt, z. B. beim Kaltverformen, Schweißen, Brennschneiden oder Bohren und durch die beim Walzen auftretenden Eigenspannungen. Der Auftraggeber sollte vor Entwurf und Fertigung eines für das Feuerverzinken vorgesehenen Produkts die Feuerverzinkerei kontaktieren, weil die Gestaltung des Bauteils möglicherweise abgeändert werden muss.

4.2 Oberflächenvorbereitung

Die Gestaltung und die verwendeten Werkstoffe sollten eine gute Oberflächenvorbereitung zulassen. Das ist wichtig, um einen Überzug in guter Qualität zu erzeugen (siehe 6.2).

Graphit, der auf den Oberflächen von Eisengussteilen vorhanden ist, beeinträchtigt die Benetzung durch das geschmolzene Metall, und auf Gussteilen, die gegläht wurden, können in den Oberflächenschichten Formsandteilchen vorhanden sein, die entfernt werden müssen, um einen Überzug in guter Qualität zu erzielen. Gussteile sollten sowohl vor als auch nach dem Glühen mit Strahlmitteln gestrahlt werden.

4.3 Verfahrensweisen bei gestaltungsbezogenen Betrachtungen

Das Zinkbad und die zugehörige Werksanlage sollten angemessene Eignung zur Aufnahme der zu verzinkenden Bauteile haben. Die Bauteile sollten vorzugsweise so gestaltet sein, dass der Überzug durch nur einen Tauchvorgang aufzubringen ist. Bauteile, deren Maße die Größe der verfügbaren Bäder überschreiten, dürfen wechselseitig so eingetaucht werden, dass ein einheitlicher Überzug erhalten wird. Ein partielles Eintauchen (auf das ein zweites Eintauchen folgt, um den kompletten Überzug zu erzeugen) ist weniger üblich als ein einzelnes vollständiges Eintauchen.

Das Bauteil ist sicher zu befestigen, während es in die Bäder eingetaucht wird. Vorkehrungen zum Anheben und zur Handhabung sollten vor der Lieferung der Bauteile an die Feuerverzinkerei getroffen werden. Bei Bedarf sollte der Auftraggeber die Feuerverzinkerei kontaktieren und auf etwaige Einschränkungen

hinweisen (z.B. die Verwendung bestehender Öffnungen). Häufig werden auch Hublaschen oder -ösen angebracht, um die Handhabung allgemein zu erleichtern.

Bauteile dürfen in Gestelle gepackt oder an Traversen befestigt werden. Dann können allerdings einzelne Kontaktstellen (Auflagerungspunkte) nach dem Feuerverzinken erkennbar bleiben. Beim Tauchvorgang sind vertikale Bewegungen in der Schmelze erforderlich, jedoch können die Teile mit einem Winkel aus der Schmelze gezogen werden. Die Verfahrensfolge erfordert einen Luftaustausch sowie eine Benetzung aller Bauteiloberflächen mit Vorbehandlungsflüssigkeiten und Zink. „Lufttaschen“ behindern die Oberflächenreaktion örtlich und führen zu Fehlstellen; Flüssigkeiten in Lufttaschen verdampfen bei der Feuerverzinkungstemperatur von etwa 450 °C, und die dabei auftretenden Kräfte können Ausbeulungen oder Bersten hervorrufen; ausgeschlepptes Zink kann unter Umständen unzureichend haften, den ästhetischen Eindruck beeinträchtigen und eine vermeidbare Verschwendung darstellen.

Geeignete Bauteile, z. B. Wärmetauscher und Gasbehälter, dürfen nur auf der Außenseite verzinkt werden. Dafür sind besondere Verfahrensweisen und -ausrüstungen notwendig (z. B. das Bauteil im Bad runterzudrücken, um den Auftrieb des Bauteils in der Zinkschmelze zu überwinden), und vorab sollte ein darauf spezialisierter Feuerverzinker konsultiert werden.

Feuerverzinken von Hohlprofilen stellt den Schutz von inneren und äußeren Oberflächen sicher. Kleine Mengen an eingeschlossener Zinkasche können in Hohlprofilen unvermeidbar sein und können in bestimmten Formen und Konstruktionen nicht entfernt werden.

4.4 Gestaltungshinweise

Die bevorzugten Gestaltungsmerkmale für Bauteile, auf die eine Feuerverzinkung aufzubringen ist, werden in Anhang A angegeben.

WARNUNG — Es ist wichtig, dass allseitig geschlossene Hohlkästen oder Hohlbauteile zu vermeiden oder aber mit Be- und Entlüftungsöffnungen zu versehen sind, anderenfalls besteht ein erhebliches Berstisiko, bei dem der Feuerverzinker ernsthaft verletzt werden kann. Dieser Gestaltungsaspekt muss unbedingt berücksichtigt werden und ist wichtig für die Erhaltung der Gesundheit und Sicherheit des Feuerverzinkers.

Wenn bei Hohlbauteilen Ein- und Auslassöffnungen für Luft und Behandlungsflüssigkeiten vorgesehen werden, kann auch auf den Innenflächen ein Überzug erzeugt werden, wodurch ein besserer Schutz des Bauteils sichergestellt ist. Gelegentlich kann bei ausreichend hohen Eigenspannungen im Bauteil bei der Feuerverzinkungstemperatur eine Spannungsminderung auftreten. Für Stahlbauteile ist das eine der Hauptursachen für unerwarteten Verzug oder unvorhergesehene Rissbildung. Deshalb sollten symmetrische Querschnitte bevorzugt werden und, sofern möglich, große Unterschiede in den Wanddicken und Querschnitten der Werkstücke vermieden werden, z.B. sollte dünnes Blech nicht mit dickwandigen Winkelschienen verschweißt werden, Schweißverfahren und Fertigungstechniken sollten so ausgewählt werden, dass möglichst wenig unausgeglichene Spannungen erzeugt bzw. eingetragen werden, und unterschiedliche Wärmedehnungen während des Schweißens und Verarbeitens sollten ebenfalls minimiert werden. Vor dem Feuerverzinken kann eine Wärmebehandlung wünschenswert sein. Der Auftraggeber sollte die Anforderungen an den Überzug und das Zusammenbauen der fertigen Bauteile mit dem Feuerverzinker besprechen. Kompakte Unterbaugruppen (die nur wenig Platz im Zinkbad beanspruchen) sind am wirtschaftlichsten zu verzinken. Schweißarbeiten sind besser vor dem Feuerverzinken durchzuführen, um auch an der Schweißnaht einen unbeschädigten Überzug sicherzustellen.

Das Bauteil sollte so gestaltet werden, dass der Zu- und Ablauf des geschmolzenen Metalls erleichtert und Lufttaschen und Lufteinschlüsse vermieden werden. Glatte Profile ohne scharfe Ecken und Kanten unterstützen das Feuerverzinken. Dies in Verbindung mit dem Verschrauben nach dem Feuerverzinken verbessert die langfristige Wirksamkeit des Korrosionsschutzes.

Die für das Feuerverzinken in den Bauteilen notwendigen Öffnungen sind vorzugsweise vor dem Zusammenbau einzuarbeiten, und die Kanten der Profile werden angefast; wodurch „Taschen“ vermieden

werden, in denen überschüssiges geschmolzenes Zink erstarren kann. Wenn in bereits verbundene Konstruktionen Öffnungen einzuarbeiten sind, kann es sein, dass zum Ansetzen eines Bohrwerkzeugs nicht genügend Platz vorhanden ist, sodass die Öffnungen nicht dicht genug an einer Kante oder Ecke angebracht werden kann; dann ist Brennschneiden das optimale Verfahren.

Innenliegende Entlüftung von Hohlprofilen sollte vermieden werden. Wenn innenliegende Entlüftung unvermeidbar ist, muss dies im Vorfeld mit dem Feuerverzinker vereinbart werden und der Auftraggeber muss sicherstellen, dass

- 1) die Löcher die maximale mögliche Größe aufweisen,
- 2) Vorkehrungen zur innenliegende Entlüftung vor dem Zusammenbau hinreichend dokumentiert sind (z. B. durch Fotos).

4.5 Grenzabweichungen

Die Dicke des Feuerüberzugs wird hauptsächlich von den Zusammensetzung und der Dicke des Stahls bestimmt. An Passflächen und Bohrungen sollte daher eine zusätzliche Grenzabweichung vorgesehen werden, um die Dicke des Überzugsmetalls aufnehmen zu können. Für Überzüge auf ebenen Flächen hat sich eine Maßzugabe von mindestens 1 mm als ausreichend erwiesen. Die Definitionen für die wesentlichen Flächen und die Annahmekriterien für den Überzug sind in ISO 1461 angegeben. Bei Gewindeteile unterscheidet sich beispielsweise die gegenwärtige Praxis für feuerverzinkte und geschleuderte Muttern und Schrauben länderspezifisch. Siehe 7.1.

5 Gestaltungshinweise für Lagerung und Transport

Feuerverzinkte Bauteile sollten sicher gestapelt werden, dass sie sicher gehandhabt, gelagert und transportiert werden können.

Für den Fall, dass ein besonderer Bedarf zur Minimierung von Weißrost (hauptsächlich Zinkoxid und -hydroxid, welches sich durch die Lagerung der verzinkten Bauteile bei feuchten Bedingungen auf der Oberfläche des Zinküberzugs ausbildet) besteht, sollte der Auftraggeber den Feuerverzinker zum Zeitpunkt der Auftragsvergabe darüber benachrichtigen, und alle relevanten Abhilfemaßnahmen sollten daraufhin vereinbart werden.

Derartige Maßnahmen könnten beispielsweise bestehen aus: Lagerung der verzinkten Bauteile in der Art, dass die Oberfläche des Bauteils rundherum ungehindert von Luft umströmt wird; die Verwendung von Abstandhaltern, um die Kontaktflächen der Bauteile zu minimieren; chemische Nachbehandlung, oder die Vermeidung von engem Zusammenlagern der Bauteile (dort wo die Konstruktion es zulässt). Das Einpacken in Schrumpffolie kann zu Wasseransammlungen im Bauteil und daraus resultierendem Weißrost führen.

In Übereinstimmung mit ISO 1461 darf das Auftreten von Weißrost kein Grund zur Zurückweisung sein, sofern der geforderte Mindestwert der Dicke des Zinküberzugs zum Zeitpunkt der Abnahmeprüfung noch vorhanden ist.

6 Einfluss des Zustands des Bauteils auf die Qualität der Feuerverzinkung

6.1 Allgemeines

Die meisten Stähle können nach ISO 1461 feuerverzinkt werden. Dies umfasst unlegierte Stähle (siehe z. B. EN 10025-2), Feinkornstähle (siehe z. B. EN 10025-3 und EN 10025-4), Vergütungsstähle, warmgefertigte Hohlprofile (siehe z. B. EN 10210-1), kaltgefertigte Hohlprofile (siehe z. B. EN 10219-1), Bewehrungsstähle (siehe z. B. EN 10080), Stahlsorten für Befestigungselemente (siehe z. B. ISO 898) sowie Grau- (siehe z. B. EN 1561) und Temperguss (siehe z. B. EN 1562). Sind andere eisenhaltige Metalle zu verzinken, sollte der Auftraggeber dem Feuerverzinker zweckdienliche Angaben oder Proben vorlegen, um zu entscheiden, ob

diese Stähle zufriedenstellend feuerverzinkt werden können. Schwefelhaltige Automatenstähle sind üblicherweise nicht geeignet.

6.1.1 Werkstoffzusammensetzung

Bestimmte Elemente, besonders Silizium (Si) und Phosphor (P), können auf der Stahloberfläche dazu führen, dass sich beim Feuerverzinken die Reaktion zwischen dem Eisen und dem geschmolzenen Zink verlängert. Deshalb können bestimmte Stahlzusammensetzungen gleichmäßigere Überzüge hinsichtlich des Aussehens, der Dicke und der Ebenheit (Glattheit) ergeben. Die Vorgeschichte des Stahls (z. B. ob er warm- oder kaltgewalzt wurde) kann ebenfalls Einfluss auf die Reaktion mit dem geschmolzenen Zink nehmen. Wenn das ästhetische Erscheinungsbild wichtig ist oder wenn spezielle Kriterien für Schichtdicke oder Ebenheit der Oberfläche vorhanden sind, sollte vor der Fertigung oder vor dem Feuerverzinken des Bauteils bezüglich der Auswahl des Stahls der Rat eines Fachmanns eingeholt werden.

Tabelle 1 enthält einen vereinfachten Leitfaden für die Zusammensetzungen der Stähle, denen bestimmte typische Überzugseigenschaften zuzuordnen sind, wenn die Verzinkung bei Temperaturen zwischen 440 °C und 460 °C durchgeführt wird.

6.1.2 Gussteile

Die Gussteile sollten auf der Oberfläche möglichst keine Poren und Lunker haben; sie sollten durch Strahlen mit Strahlmitteln, elektrolytisches Beizen oder andere Verfahren gereinigt werden, die für Gussteile geeignet sind. Beim üblichen Beizen in Salzsäure werden Formsand-, Graphit- oder Temperkohlerückstände nicht von der Oberfläche des Gusseisens entfernt. Diese Rückstände müssen durch Strahlen mit Strahlmitteln beseitigt werden. Die Oberflächenvorbereitung komplex geformter Teile kann auch in Verzinkungsbetrieben durchgeführt werden, die sich spezialisiert haben und Flusssäure zum Beizen anwenden. Beim Entwurf von Gussteilen sollte das Profil sehr sorgfältig ausgewählt werden. Kleine Gussteile mit einfacher Form und massivem Querschnitt bereiten erfahrungsgemäß keine Probleme beim Verzinken, sofern Werkstoff und Oberflächenzustand geeignet sind. Größere Gussteile sollten mit möglichst gleichen Profildicken gestaltet sein, um Verzug und Rissbildung durch thermische Spannungen auszuschließen. Möglichst große Bauteilradien und eingegossene Kennzeichnungen sollten angewendet sowie scharfe Ecken und große Vertiefungen vermieden werden.

Die große Oberflächenrauheit, die typisch ist für Gussteile, kann eine größere Dicke des Zinküberzugs erfordern, als dies bei gewalzten Bauteilen der Fall ist.

ANMERKUNG Gussteile können aus unterschiedlichen Gusswerkstoffen bestehen:

- Gussteile aus Grauguss: Grauguss hat einen Kohlenstoffgehalt von mehr als 2 %, der überwiegend als Graphit in lamellarer Form vorliegt;
- Gussteile aus Gusseisen mit Kugelgraphit (GGG): Gusseisen mit Kugelgraphit ist in der Zusammensetzung dem üblichen Grauguss ähnlich, der Kohlenstoff liegt auch als Graphit, aber in kugelförmiger Form vor, was durch die Begleitelemente Magnesium oder Cer bewirkt wird;
- Tempergussteile: Temperguss mit schwarzem, weißem oder perlitischem Gefüge. Die Zähigkeit und Bearbeitbarkeit werden durch Wärmebehandlungen erreicht und nicht vornehmlich durch Graphit.

Tabelle 1 — Zusammenhang zwischen Überzugseigenschaften und Stahlzusammensetzung

Kategorie	Typische Gehalte reaktiver Elemente	Zusätzliche Angaben	Typische Überzugseigenschaften
A	$\leq 0,03 \text{ \% Si}$ <u>und</u> $< 0,02 \text{ \% P}$	Siehe Anmerkung 1 und Anmerkung 4.	Überzug hat ein glänzendes Aussehen mit feiner Textur. Das Überzugsgefüge enthält eine äußere Zinkschicht.
B	$\geq 0,14 \text{ \% Si}$ bis $0,25 \text{ \% Si}$	Andere Elemente können ebenfalls die Reaktivität des Stahls beeinflussen. Besonders Phosphorgehalte über $0,035 \text{ \%}$ führen zu erhöhter Reaktivität.	Überzug kann glänzend oder matt aussehen. Das Überzugsgefüge kann eine äußere Zinkschicht enthalten oder eine Eisen-Zink-Legierung kann je nach Stahlzusammensetzung bis zur Oberfläche reichen.
C	$> 0,03 \text{ \% Si}$ bis $< 0,14 \text{ \% Si}$	Es können sich sehr dicke Überzüge bilden.	Der Überzug hat ein dunkleres Aussehen mit einer gröberen Textur. Im Überzugsgefüge dominieren Eisen-Zink-Legierungsschichten, die häufig bis zur Oberfläche reichen; die Beständigkeit gegen Beschädigungen bei der Handhabung ist verringert.
D	$> 0,25 \text{ \% Si}$	Die Überzugsdicke nimmt mit zunehmendem Siliziumgehalt zu.	

ANMERKUNG 1 Es wird erwartet, dass Stähle mit Zusammensetzungen, die der Gleichung $\text{Si} \leq 0,03 \text{ \%}$ und $\text{Si} + 2,5 \text{ P} \leq 0,09 \text{ \%}$ entsprechen, ebenfalls diese Eigenschaften aufweisen. Bei kaltgewalzten Stählen wird davon ausgegangen, dass diese Eigenschaften vorhanden sind, wenn für die Stahlzusammensetzung die Gleichung $\text{Si} + 2,5 \text{ P} \leq 0,04 \text{ \%}$ erfüllt ist.

ANMERKUNG 2 Das Vorhandensein von Legierungselementen (z. B. Nickel oder Aluminium) in der Zinkschmelze kann einen signifikanten Einfluss auf in dieser Tabelle angegebene Eigenschaften des Überzugs haben. Diese Tabelle enthält keine Informationen für das Hochtemperatur-Feuerverzinken (z. B. Eintauchen in geschmolzenes Zink bei $530 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $560 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

ANMERKUNG 3 Die Angaben in dieser Tabelle zu den Stahlzusammensetzungen ändern sich, wenn andere Einflussfaktoren wirksam werden (z. B. Warmwalzen), und die Grenzwerte jedes Bereichs verändert sich dementsprechend.

ANMERKUNG 4 Bei Stahlzusammensetzungen mit einem Siliziumanteil $< 0,01 \text{ \%}$ und einem gleichzeitigen Aluminiumanteil $> 0,035 \text{ \%}$ kann eine geringere Reaktivität auftreten, was zu einer dünneren Schichtdicke als erwartet führen könnte. Diese Stähle könnten eine geringere Haftfestigkeit des Überzugs aufweisen.

ANMERKUNG 5 Die Gestaltung des zu verzinkten Bauteils kann ebenfalls einen Einfluss auf die Schichteigenschaften haben.

6.2 Oberflächenzustand

Die Oberfläche des Grundmetalls sollte sauber sein, bevor das Werkstück in die Zinkschmelze eingetaucht wird. Als Verfahren zum Reinigen der Oberfläche werden Entfetten und Beizen in Säure empfohlen. Ein aggressives Beizen sollte vermieden werden. Verunreinigungen der Oberfläche, die durch Beizen nicht entfernt werden können, z. B. Kohlenstoffschichten (wie Walzölrückstände), Öl, Fett, Beschichtungsstoffe, einige Anti-Spritz-Sprühmittel für Schweißarbeiten, Schweißschlacke, Aufkleber, Leim, Markierungsmaterialien, Fabrikationsöle und ähnliche Verunreinigungen, sollten vor dem Beizen beseitigt werden, da andernfalls unbeschichtete Flächen nach dem Verzinken zurückbleiben können. Anti-Spritz-Sprühmittel für

Schweißarbeiten, die nicht beim Entfetten und Beizen entfernt werden, sollten vermieden werden. Silikonfreie Sprühmittel sind vorzuziehen und der übermäßige Gebrauch von Schweiß-Sprühmittel sollte vermieden werden. Eingebrennte Schneidflüssigkeiten und eingebrennte Anti-Spritz-Sprühmittel für Schweißarbeiten sollten entfernt werden. Sofern keine anderen Vereinbarungen zwischen dem Auftraggeber und dem Feuerverzinker getroffen wurden, ist der Auftraggeber für das Entfernen dieser Verunreinigungen verantwortlich.

ANMERKUNG Einige Zustände von Stahloberflächen, die aus den vorherigen Behandlungen, z. B. Walzen, resultieren, sind möglicherweise vor dem Verzinken nicht sichtbar, können aber unerwünschte Auswirkungen auf die Überzugsqualität haben. Stähle mit Dopplungen oder Falten können zu abgesetzten Flächen oder Erhöhungen im Überzug führen.

6.3 Einfluss der Oberflächenrauheit des Stahls auf die Dicke des Überzugs

Die Rauheit der Stahloberfläche hat einen Einfluss auf Dicke und Struktur des Überzugs. Unebenheiten auf der Stahloberfläche wie z. B. Kratzer oder Streifen sind im Allgemeinen nach dem Feuerverzinken weiterhin erkennbar. Eine raue Stahloberfläche, wie sie nach dem Strahlen, Grobschleifen usw. vor dem Beizen vorliegt, führt zu einem dickeren Überzug als eine Oberfläche, die lediglich abgebeizt wurde.

6.4 Einfluss von thermischen Schneidverfahren und Schweißen

6.4.1 Thermisches Schneiden

Durch Brennschneiden, Laserschneiden und Plasmaschneiden ändern sich Stahlzusammensetzung und Gefüge im Bereich an und um die Schnittfläche, sodass es schwieriger sein kann, die Mindestdicke des Überzugs zu erreichen; der nach diesen Schneidoperationen aufgebrauchte Überzug kann eine verminderte Kohäsion/Adhäsion zum Stahlsubstrat haben. Um zuverlässigere Überzugsdicken und eine ausreichende Kohäsion/Adhäsion des Überzugs sicherzustellen, sollten die nach dem Brennschneiden, Laserschneiden und Plasmaschneiden erhaltenen Oberflächen vom Hersteller abgeschliffen und scharfe Kanten entfernt werden.

6.4.2 Schweißen

Erhebliche Unterschiede in der Zusammensetzung – insbesondere beim Siliziumgehalt – des Schweißmetalls und des Grundmetalls können zu Unterschieden im Erscheinungsbild des Überzugs und dessen Dicke an Schweißnähten führen. Die Verwendung von Schweißdrähten mit niedrigem Siliziumgehalt verringert diese Effekte.

6.4.3 Freie Kanten

Brennschneiden kann lokal begrenzte Härteschwankungen verursachen, die zu Spannungsspitzen führen können. Ein leichtes Schleifen der Oberfläche an den Kanten der Brennschnittflächen kann diesen Effekt verhindern und das Risiko einer Rissbildung während des Verzinkens minimieren. Auch eine Anwendung von Flammenthärtung kann für diese Flächen möglich sein.

Zurückspringende Ecken, gestanzte Freischnitte und Ausklinkungen sollten nach EN 1090-2:2018, Abschnitt 6.7 ausgeführt werden. Es wird empfohlen, dass bei solchen Schnitten mechanische Verfahren verwendet werden. Besondere Betrachtungen erfordern die „k-Flächen“ von Doppel-T-Profilen mit Freischnitten.

6.5 Einfluss innerer Spannungen im Stahlbauteil

6.5.1 Allgemeines

Beim Feuerverzinkungsprozess werden saubere, vorbehandelte, fertige Stahlbauteile in ein Bad aus geschmolzenem Zink/einer geschmolzenen Zinklegierung mit einer Temperatur von etwa 450 °C

eingetaucht und wieder entnommen, wenn die metallurgische Reaktion zur Bildung des Überzugs abgeschlossen ist. Beim Feuerverzinken können große oder nicht ausgeglichene Spannungen in einem Bauteil abgebaut werden. Für eine durch den Spannungsabbau beim Feuerverzinken auftretende Verformung der Stahlwerkstücke kann die Feuerverzinkerei nicht verantwortlich gemacht werden (weil die Feuerverzinkerei den spezifischen Spannungszustand des Bauteils zum Zeitpunkt des Eintauchens nicht beeinflussen kann), außer, der Verzug ist durch eine unangebrachte Behandlung (z.B. durch eine mechanische Beschädigung oder durch eine falsche Aufhängung des Bauteils) entstanden.

6.5.2 Rissbildung durch Verzug

In den seltenen Fällen, in denen die bei der Herstellung erzeugten inneren Eigenspannungen die Zugfestigkeit des verwendeten Stahls übersteigen, kann Rissbildung durch Verzug auftreten. Durch eine für das Verzinken geeignete Gestaltung sind diese Probleme im Allgemeinen zu umgehen.

Während des Erhitzungs- und Abkühlungszyklus, dem das Bauteil ausgesetzt ist, werden durch die unterschiedlichen Wärmedehnungen der Elemente in diesem Bauteil zusätzliche Spannungen erzeugt, die mit den herstellungsbedingt vorliegenden Spannungen in Wechselwirkung treten. Die Größe des im Bauteil entstehenden Spannungsfeldes kann nur schwierig vorhergesagt werden. Während des Erhitzungs- und Abkühlungszyklus können unausgeglichene Spannungen dazu beitragen, dass Verzug in einem bestimmten Umfang auftritt. Eine für das Feuerverzinken geeignete Gestaltung und gute Herstellungspraktiken minimieren die Möglichkeit, dass Verzug auf diese Weise entsteht. Wenn sich gezeigt hat, dass bestimmte Stähle, Vorbehandlungen, thermische und mechanische Behandlungen, Verfahren für das Beizen und das Feuerverzinken zufriedenstellende Ergebnisse liefern, dient diese Information als Hinweis dafür, dass bei Anwendung der gleichen Stähle, Vorbehandlungen, thermischen und mechanischen Behandlungen und Verzinkungsverfahren kein Versprödungsproblem zu erwarten ist.

In gehärteten und/oder hochfesten Stählen (Streckgrenzen über 650 MPa) können so hohe innere Spannungen auftreten, dass Beizen und Feuerverzinken für diese Stähle die Rissbildungsgefahr im Verzinkungsbad erhöhen. Obwohl dieses Problem üblicherweise selten auftritt, könnten schwere Konstruktionsteile eine kritische geometrische Konfiguration aufweisen; in diesem Fall kann die Rissbildungsgefahr durch Spannungsarmglühen vor dem Beizen und Feuerverzinken verringert werden. Wenn vorgesehen ist, diese Stähle im Zinkbad zu verzinken, sollte der Rat eines Fachmanns eingeholt werden.

6.5.3 Wasserstoffversprödung

Baustähle verspröden üblicherweise nicht durch Aufnahme von Wasserstoff beim Beizen. Die Verwendung von Beizinhibitoren senkt die Wasserstoffentstehung und -aufnahme. Verbleibender Wasserstoff (falls vorhanden) hat im Allgemeinen keine Auswirkung auf Baustähle. Bei Baustählen wird der aufgenommene Wasserstoff während des Feuerverzinkens üblicherweise ausgetrieben. Für Verbindungselemente, die feuerverzinkt werden, siehe ISO 898-1 und ISO 10684.

6.5.4 Versprödung durch Reckalterung

Um die Versprödungsgefahr zu verringern, sollte bei der Gestaltung und der Herstellung die örtliche Kaltverformung nach Möglichkeit minimiert werden. Wenn diese Bedingung (bei Herstellung) nicht erfüllt werden kann, kann an dem betroffenen Bereich vor dem Beizen und dem Feuerverzinken eine Wärmebehandlung zum Verringern der Spannungen vorgenommen und/oder ein Stahl ausgewählt werden, der für eine Verfestigung durch Reckalterung nicht anfällig ist.

Versprödung durch Kaltverformung ist für alle Stahlsorten ein grundsätzliches metallurgisches Phänomen. In Abhängigkeit vom Umfang der Kaltverformung nimmt die Festigkeit des Stahls zu, während sich gleichzeitig die Zähigkeit und die Verformbarkeit verringern. Grenzwerte für Biegeradien in den relevanten Stahlnormen, z.B. EN 10025-2, sollten befolgt werden. Die mit der Versprödung durch Kaltverformung verbundenen Risiken können durch Auswahl einer Stahlsorte mit höherer Zähigkeit verringert werden. Siehe EN 1993-1-10 für weitere Informationen.

ANMERKUNG 1 Die Anfälligkeit gegen Verfestigung durch Rekalterung und die sich daraus ergebende Versprödungsgefahr wird hauptsächlich durch den Stickstoffgehalt des Stahls verursacht, der wiederum stark vom Stahlherstellungsprozess abhängig ist. Bei Anwendung moderner Stahlherstellungsverfahren tritt dieses Problem in der Regel nicht auf. Mit Aluminium beruhigte Stähle oder Stähle, die in ausreichender Menge andere Elemente enthalten, die Stickstoff binden (z. B. V, Nb und Ti), sind am wenigsten gegen Verfestigung durch Rekalterung anfällig.

ANMERKUNG 2 Wärmebehandelte oder kaltverformte Stähle können durch die Temperatur des Verzinkungsbades angelassen werden und verlieren teilweise die durch Wärmebehandlung oder Kaltverformung erreichte erhöhte Festigkeit.

6.5.5 Flüssigmetallinduzierte Rissbildung (LMAC) oder Flüssigmetallversprödung (LME)

Flüssigmetallinduzierte Rissbildung (LMAC: Liquid metal assisted cracking) oder Flüssigmetallversprödung (LME: liquid metal embrittlement) tritt auf, wenn durch die Kombination von Stahleigenschaften und Variablen des Herstellungs- und Verzinkungsprozesses Bedingungen entstehen, die beim Feuerverzinken eines Stahlbauteils zu Versprödungsrissen führen. Diese Kombination von Faktoren tritt in der Praxis selten auf. Es gibt Leitfäden für möglicherweise hinsichtlich LMAC anfällige Produkte, die zu Prüfungen an die Gestaltung (z. B. Stellen mit Spannungskonzentrationen), die detaillierte Beschreibung des Produkts (z. B. Qualität des Stahls, Höhe der Restspannungen, Qualität der Schweißung, Position und Oberflächenbehandlung von gebohrten oder ausgestanzten Öffnungen und Oberflächenzustand nach dem Brennschneiden) sowie die Bedingungen für das Feuerverzinken (z. B. Vorbehandlungsbedingungen, Eintauchgeschwindigkeit und Beschaffenheit des Zinkbades) aufführen.

6.6 Große oder dickwandige Bauteile aus Stahl

Für große Bauteile sind längere Behandlungszeiten im Zinkbad erforderlich; diese längeren Zeiten und die metallurgischen Eigenschaften von Bauteilen aus Stahl mit großer Wanddicke, die auf den üblichen Herstellungsverfahren basieren, können bewirken, dass dickere Überzüge erzeugt werden. Längere Abkühlzeiten können auch zu Schwankungen im Aussehen der Oberfläche führen. Kombinationen von Querschnitten mit erheblichen Dickenunterschieden führen bei großen Bauteilen zu unterschiedlichen Schichtdicken.

6.7 Feuerverzinkungspraxis

Dem Verzinkungsbad dürfen im Rahmen des Feuerverzinkens sehr geringe Mengen von Legierungselementen zugefügt werden, besonders zu dem Zweck, die ungünstigen Einflüsse durch Silizium und Phosphor zu verringern oder das Aussehen der Oberfläche des durch Feuerverzinken aufgetragenen Überzugs zu modifizieren. Diese möglichen Zusätze (die die Anforderungen nach ISO 1461 erfüllen) beeinflussen nicht die langfristige Korrosionsbeständigkeit des Zinküberzugs.

Auf besondere Anforderung dürfen die Mengen der Zusätze oder Verunreinigungen im Zinkbad oder im Überzug vom Auftraggeber festgelegt werden, z. B. kann der Auftraggeber fordern, dass der Überzug feuerverzinkter Kessel (d. h. Tanks und Zylinder), für die eine Anwendung in Trinkwassersystemen zusammen mit feuerverzinkten Rohren vorgesehen ist, hinsichtlich der Zusammensetzung die gleichen Anforderungen erfüllt, die für die Rohre in EN 10240 festgelegt werden.

In den Fällen, dass ein kritischer Werkstoff und/oder kritische Bedingungen für Gestaltung und Herstellung vorliegen, sollten die Verzinkungsparameter optimiert werden, um das Risiko von Verzug oder Beschädigung zu verringern. Die Feuerverzinkerei sollte die Prozessparameter in allen Phasen des Feuerverzinkens aufzeichnen. An einem kleinen Probefall dürfen Prüfungen durchgeführt werden, um die Eignung des Feuerverzinkungsverfahrens zu bewerten.