

DIN EN ISO 12944-5



ICS 87.020

Entwurf

Einsprüche bis 2017-06-28
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 12944-5:2008-01;
Ersatz für
E DIN EN ISO 12944-5:2016-06

**Beschichtungsstoffe –
Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme –
Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO/DIS 12944-5.2:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12944-5:2017**

Paints and varnishes –
Corrosion protection of steel structures by protective paint systems –
Part 5: Protective paint systems (ISO/DIS 12944-5.2:2017);
German and English version prEN ISO 12944-5:2017

Peintures et vernis –
Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture –
Partie 5: Systèmes de peinture (ISO/DIS 12944-5.2:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 12944-5:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-04-28 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 nab@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 Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 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 68 Seiten

DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB)
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 12944-5:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 002-00-10 AA „Korrosionsschutz von Stahlbauten“ und dessen Unterausschuss NA 002-00-10-05 UA „Korrosionsschutzstoffe und -systeme, einschließlich Prüfung“ im DIN-Normenausschuss Beschichtungsmaterialien und Beschichtungen (NAB).

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 2063	siehe	DIN EN ISO 2063
ISO 2808	siehe	DIN EN ISO 2808
ISO 3549	siehe	DIN EN ISO 3549
ISO 4628-1	siehe	DIN EN ISO 4628-1
ISO 4628-2	siehe	DIN EN ISO 4628-2
ISO 4628-3	siehe	DIN EN ISO 4628-3
ISO 4628-4	siehe	DIN EN ISO 4628-4
ISO 4628-5	siehe	DIN EN ISO 4628-5
ISO 4628-6	siehe	DIN EN ISO 4628-6
ISO 8501-1	siehe	DIN EN ISO 8501-1
ISO 8501-3	siehe	DIN EN ISO 8501-3
ISO 8503-1	siehe	DIN EN ISO 8503-1
ISO 12944-1	siehe	DIN EN ISO 12944-1
ISO 12944-2	siehe	DIN EN ISO 12944-2
ISO 12944-4	siehe	DIN EN ISO 12944-4
ISO 12944-6	siehe	DIN EN ISO 12944-6

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 12944-5:2008-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung normativer Verweisungen;
- b) Überarbeitung der Begriffe;
- c) Neustrukturierung der Norm;
- d) neue Arten von Beschichtungsmaterialien (PAS, FEVE) hinzugefügt;
- e) Anforderungen an Zwischen- und Deckbeschichtungen hinzugefügt;
- f) neuer Anhang A hinzugefügt, der Abkürzungen enthält;

- g) neuer normativer Anhang B „Mindestanforderungen an Beschichtungssysteme“ hinzugefügt;
- h) früherer Anhang C gelöscht;
- i) früherer Anhang D gelöscht;
- j) neuer informativer Anhang D „Beschichtungssysteme an feuerverzinktem Stahl“ hinzugefügt;
- k) neuer informativer Anhang E „Beschichtungssysteme auf thermisch gespritzten Metallüberzügen“ hinzugefügt;
- l) Literaturhinweise hinzugefügt;
- m) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 2063, *Thermisches Spritzen — Metallische und andere anorganische Schichten — Zink, Aluminium und ihre Legierungen*

DIN EN ISO 2808, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Schichtdicke*

DIN EN ISO 3549, *Zinkstaub-Pigmente für Beschichtungsstoffe — Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN ISO 4628-1, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 1: Allgemeine Einführung und Bewertungssystem*

DIN EN ISO 4628-2, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 2: Bewertung des Blasengrades*

DIN EN ISO 4628-3, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 3: Bewertung des Rostgrades*

DIN EN ISO 4628-4, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 4: Bewertung des Rissgrades*

DIN EN ISO 4628-5, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 5: Bewertung des Abblätterungsgrades*

DIN EN ISO 4628-6, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 6: Bewertung des Kreidungsgrades nach dem Klebebandverfahren*

DIN EN ISO 8501-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen*

DIN EN ISO 8501-3, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 3: Vorbereitungsgrade von Schweißnähten, Kanten und anderen Flächen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten*

DIN EN ISO 8503-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen — Teil 1: Anforderungen und Begriffe für ISO-Rauheitsvergleichsmuster zur Beurteilung gestrahlter Oberflächen*

DIN EN ISO 12944-1, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 1: Allgemeine Einleitung*

DIN EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen*

DIN EN ISO 12944-4, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung*

DIN EN ISO 12944-6, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen*

CEN/TC 139

Datum: 2017-04

prEN ISO 12944-5:2017

CEN/TC 139

Sekretariat: DIN

**Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch
Beschichtungssysteme — Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO/DIS 12944-
5.2:2017)**

Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture — Partie 5: Systèmes de peinture (ISO/DIS 12944-5.2:2017)

Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems (ISO/DIS 12944-5.2:2017)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokumentstufe: zweite parallele Umfrage

Dokumentsprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Einstufung von Umgebungen	10
5 Neubau und Instandhaltung	10
5.1 Erstschutz und Vollerneuerung	10
5.2 Teilerneuerung	11
6 Arten von Beschichtungsstoffen	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Beispiele für Arten von Beschichtungen	12
6.2.1 Alkydharzbeschichtungen (AK)	12
6.2.2 Acrylharzbeschichtungen (AY)	12
6.2.3 Ethylsilikat (ESI)	12
6.2.4 Epoxidharzbeschichtungen (EP)	12
6.2.5 Polyurethanbeschichtungen (PUR)	13
6.2.6 Polyaspartat-Beschichtungen (PAS)	13
6.2.7 Fluorpolymer- und Fluorethylen/Vinylether-Copolymer (FEVE)-Beschichtungen	13
7 Beschichtungssysteme	14
7.1 Grundbeschichtungen und Arten von Grundbeschichtungsstoffen	14
7.1.1 Allgemeines	14
7.1.2 Arten von Grundbeschichtungsstoffen	14
7.2 Nachfolgende Beschichtungen	15
7.2.1 Allgemeines	15
7.2.2 Zwischenbeschichtungen	15
7.2.3 Deckbeschichtungen	15
7.3 Trockenschichtdicke	15
7.4 Schutzdauer	16
7.5 Beschichten im Werk und auf der Baustelle	16
8 Tabellen der Beschichtungssysteme für C2 bis C5, Im1, Im2 und Im3	17
8.1 Lesen der Tabellen	17
8.2 Parameter, die die Schutzdauer beeinflussen	17
8.3 Bezeichnung der aufgeführten Beschichtungssysteme	17
8.4 Anleitung zur Auswahl des geeigneten Beschichtungssystems	17
Anhang A (normativ) Abkürzungen und Beschreibungen	19
Anhang B (normativ) Mindestanforderungen an Beschichtungssysteme	20
Anhang C (informativ) Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl	24
Anhang D (informativ) Beschichtungssysteme auf feuerverzinktem Stahl	28
Anhang E (informativ) Beschichtungssysteme auf thermisch gespritzten Metallüberzügen	30

Anhang F (informativ) Fertigungsbeschichtungsstoffe.....	31
Literaturhinweise.....	33

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 12944-5:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird ISO 12944-5:2007 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 12944-5.2:2017 wurde vom CEN als prEN ISO 12944-5:2017 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 Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 35, *Paints and Varnishes*, Unterkomitee SC 14, *Protective paint systems for steel structures*.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 12944-5:2007), die technisch überarbeitet wurde.

Im Vergleich zu ISO 12944-5:1997 wurden folgende wesentliche Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung normativer Verweisungen;
- b) Überarbeitung der Begriffe;
- c) Neustrukturierung der Norm;
- d) neue Arten von Beschichtungsstoffen (PAS, FEVE) hinzugefügt;
- e) Anforderungen an Zwischen- und Deckbeschichtungen hinzugefügt;
- f) neuer Anhang A hinzugefügt, der Abkürzungen enthält;
- g) neuer normativer Anhang B „Mindestanforderungen an Beschichtungssysteme“ hinzugefügt;
- h) früherer Anhang C gelöscht;

- i) früherer Anhang D gelöscht;
- j) neuer informativer Anhang D „Beschichtungssysteme auf feuerverzinktem Stahl“ hinzugefügt;
- k) neuer informativer Anhang E „Beschichtungssysteme auf thermisch gespritzten Metallüberzügen“ hinzugefügt;
- l) Literaturhinweise hinzugefügt;
- m) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Eine Liste aller Teile der Normenreihe ISO 12944 kann der ISO-Webseite entnommen werden.

Einleitung

Ungeschützter Stahl korrodiert in der Atmosphäre, im Wasser und im Boden, was zu Schäden führen kann. Um Korrosionsschäden zu vermeiden, werden Stahlbauten üblicherweise geschützt, damit sie den Korrosionsbelastungen während der geforderten Nutzungsdauer standhalten.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Stahlbauten vor Korrosion zu schützen. ISO 12944 befasst sich mit dem Schutz durch Beschichtungssysteme. Dabei werden in den verschiedenen Teilen alle Gesichtspunkte berücksichtigt, die für einen angemessenen Korrosionsschutz von Bedeutung sind. Andere Maßnahmen sind möglich, erfordern aber besondere Vereinbarungen zwischen den Vertragspartnern.

Um einen wirksamen Korrosionsschutz von Stahlbauten sicherzustellen, ist es notwendig, dass Besitzer von solchen Bauwerken, Planer, Berater, Korrosionsschutzarbeiten ausführende Firmen, Beschichtungsinspektoren und Hersteller von Beschichtungsstoffen dem Stand der Technik entsprechende Angaben über den Korrosionsschutz durch Beschichtungssysteme in zusammengefasster Form erhalten. Solche Angaben müssen möglichst vollständig sein, außerdem unzweideutig und leicht zu verstehen, um Schwierigkeiten und Missverständnisse zwischen den Vertragspartnern, die mit der praktischen Realisierung der Schutzmaßnahmen befasst sind, zu vermeiden.

Mit der Normenreihe ISO 12944 wird beabsichtigt, diese Angaben in Form einer Reihe von Anweisungen zu machen. Die Norm ist für Anwender geschrieben, die über allgemeine Fachkenntnisse verfügen. Es wird auch vorausgesetzt, dass die Anwender von ISO 12944 mit dem Inhalt weiterer maßgebender Internationaler Normen insbesondere über die Oberflächenvorbereitung sowie mit einschlägigen nationalen Regelungen vertraut sind.

Obwohl in ISO 12944 keine finanziellen und vertraglichen Fragen behandelt werden, muss beachtet werden, dass die Nicht-Einhaltung von Anforderungen und Empfehlungen nach dieser Internationalen Normenreihe wegen der erheblichen Folgen unzureichenden Korrosionsschutzes zu schwerwiegenden finanziellen Konsequenzen führen kann.

ISO 12944-1 legt den allgemeinen Anwendungsbereich aller Teile der ISO 12944 fest. Sie enthält einige grundlegende Begriffe und Definitionen sowie eine allgemeine Einleitung zum Inhalt der anderen Teile von ISO 12944. Darüber hinaus enthält sie eine allgemeine Aussage über Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit und Umweltschutz sowie eine Anleitung zur Anwendung von ISO 12944 für ein bestimmtes Projekt.

Dieser Teil der ISO 12944 enthält einige Begriffe, die sich auf Beschichtungssysteme beziehen, sowie Hinweise für die Auswahl verschiedener Typen von Beschichtungssystemen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt die für den Korrosionsschutz von Stahlbauten allgemein verwendeten Arten von Beschichtungsstoffen und Beschichtungssystemen.

Sie gibt außerdem eine Anleitung für die Auswahl von Beschichtungssystemen, die für verschiedene Umgebungsbedingungen (siehe ISO 12944-2, mit Ausnahme der CX- und Im4-Korrosivitätskategorien nach ISO 12944-2), verschiedene Oberflächenvorbereitungsgrade (siehe ISO 12944-4) und die zu erwartende Schutzdauer (siehe ISO 12944-1) zur Verfügung stehen.

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

ISO 2063, *Thermal spraying — Metallic and other inorganic coatings — Zinc, aluminium and their alloys*

ISO 2808, *Paints and varnishes — Determination of film thickness*

ISO 3549, *Zinc dust pigments for paints — Specifications and test methods*

ISO 8501-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings*

ISO 8503-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces*

ISO 12944-1, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 1: General introduction*

ISO 12944-2, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 2: Classification of environments*

ISO 12944-6, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 6: Laboratory performance test*

ISO 19840, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12944-1 und die folgenden Begriffe.

3.1

Verträglichkeit

⟨von Beschichtungsstoffen in einem Beschichtungssystem⟩ Eigenschaft zweier oder mehrerer Beschichtungsstoffe, in einem Beschichtungssystem verwendet werden zu können, ohne dass unerwünschte Effekte auftreten

3.2

Grundbeschichtung

erste Schicht eines Beschichtungssystems

3.3

Zwischenbeschichtung

jede Schicht zwischen Grund- und Deckbeschichtung

3.4

Tie-Coat

Beschichtung zum Verbessern der Haftfestigkeit zwischen den Schichten und/oder zum Vermeiden bestimmter Fehler während des Beschichtens

3.5

Deckbeschichtung

letzte Schicht eines Beschichtungssystems

3.6

Grundbeschichtungsstoff

speziell formulierter Beschichtungsstoff zum Herstellen einer Grundbeschichtung auf vorbereiteten Oberflächen

3.7

Fertigungsbeschichtungsstoff

schnell trocknender Beschichtungsstoff, der auf gestrahlten Stahl aufgetragen wird, diesen während der Fertigung vorübergehend schützt und Überschweißbarkeit sowie Schneiden ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: In vielen Sprachen hat der (entsprechende englische) Begriff „prefabrication primer“ nicht die gleiche Bedeutung wie im englischen Sprachgebrauch.

3.8

Trockenschichtdicke

DFT

(en: dry film thickness)

Dicke einer Beschichtung, die nach der Härtung auf der Oberfläche verbleibt

3.9

Sollschichtdicke

NDFT

(en: nominal dry film thickness)

spezifizierte Trockenschichtdicke für einzelne Schichten oder das gesamte Beschichtungssystem

3.10

Höchstschichtdicke

höchste zulässige Trockenschichtdicke, oberhalb der die Eigenschaften einer Beschichtung oder eines Beschichtungssystems beeinträchtigt sein können

3.11

Topfzeit

maximale Zeitspanne, bezogen auf eine bestimmte Temperatur, innerhalb der ein in mehreren Komponenten gelieferter Beschichtungsstoff nach dem Mischen verarbeitet werden kann

3.12

Haltbarkeit

Zeitspanne, innerhalb der ein Beschichtungsstoff in gutem Zustand bleibt, wenn er im verschlossenen Originalgebinde unter den üblichen Lagerbedingungen gelagert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Unter „übliche Lagerungsbedingungen“ wird gewöhnlich eine mittlere Lagertemperatur zwischen +5 °C und +30 °C verstanden.

4 Einstufung von Umgebungen

Die folgenden fünf atmosphärischen Korrosivitätskategorien sind für diesen Teil der ISO 12944 maßgebend:

- C1 unbedeutend;
- C2 gering;
- C3 mäßig;
- C4 stark;
- C5 sehr stark.

Die in ISO 12944-2 festgelegten atmosphärischen Umgebungen werden mit Ausnahme der Korrosivitätskategorie CX berücksichtigt. Systeme für Offshore-CX-Umgebungen werden in ISO 12944-9 beschrieben. Für andere CX-Umgebungen, müssen individuelle Systeme in Übereinstimmung mit den besonderen Anforderungen dieser Umgebung festgelegt werden.

Die folgenden drei Kategorien für Wasser und Erdreich sind für diesen Teil der ISO 12944 maßgebend:

- Im1 Eintauchen in Süßwasser;
- Im2 Eintauchen in Meer- oder Brackwasser;
- Im3 Kontakt mit Erdreich.

Die in ISO 12944-2 festgelegten Umgebungen werden mit Ausnahme der Kategorie Im4 berücksichtigt. Systeme für Offshore- und Im4-Umgebungen, sowie verbundene Strukturen, werden in ISO 12944-9 beschrieben.

5 Neubau und Instandhaltung

5.1 Erstschutz und Vollerneuerung

Die beim Neubau zu beschichtenden Oberflächen sind: Unlegierter Stahl mit den Rostgraden A, B und C nach ISO 8501-1, feuerverzinkter Stahl und Stahl mit thermisch gespritzten Metallüberzügen (ISO 12944-1). Mögliche Oberflächenvorbereitungen werden in ISO 12944-4 beschrieben. In Tabelle B.2 sind die Substrate und die empfohlenen Oberflächenvorbereitungsgrade angegeben. Die Qualität der Oberflächenvorbereitung ist von entscheidend für die Schutzdauer eines Beschichtungssystems. Die in den Anhängen C, D und E aufgeführten Beschichtungssysteme sind typische Beispiele für Systeme, die in den in Abschnitt 4 aufgeführten Umgebungen verwendet werden, wenn sie auf Stahloberflächen mit den Rostgraden A bis C nach ISO 8501-1 oder auf feuerverzinkten Stahl oder thermisch gespritzte Metallüberzüge aufgebracht

werden. Wenn die Korrosion des Stahls so weit fortgeschritten ist, dass Lochfraßkorrosion vorliegt (Rostgrad D nach ISO 8501-1), muss die Trockenschichtdicke vergrößert oder die Anzahl der Schichten erhöht werden, um die größere Oberflächenrauheit auszugleichen. Der Beschichtungsstoffhersteller sollte zur Beratung herangezogen werden.

Für die Korrosivitätskategorie C1 ist grundsätzlich kein Korrosionsschutz erforderlich. Wenn aus ästhetischen Gründen eine Beschichtung notwendig ist, darf ein für die Korrosivitätskategorie C2 vorgesehenes System (mit niedriger Schutzdauer) gewählt werden.

Wenn ungeschützte Stahlbauteile, die für Korrosivitätskategorie C1 vorgesehen sind, bei Transport, Zwischenlagerung oder Montage höheren atmosphärischen Belastungen ausgesetzt sind (z. B. in einer Umgebung mit der Kategorie C4/C5 im Küstenbereich), beginnt aufgrund von Verunreinigungen/Salzen aus der Luft die Korrosion, die selbst dann fortschreitet, wenn die Bauteile an ihren endgültigen Standort mit der Korrosivitätskategorie C1 gebracht worden sind. Um dieses Problem zu vermeiden, sollten die Stahlbauteile entweder während der Lagerung auf der Baustelle geschützt oder mit einer geeigneten Grundbeschichtung versehen werden. Die Trockenschichtdicke sollte dabei für die erwartete Lagerdauer und der Korrosivität der Lagerumgebung geeignet sein.

5.2 Teilerneuerung

Systeme für eine Teilerneuerung sollten zwischen den Vertragspartnern für jedes Objekt gesondert festgelegt und vereinbart werden. Die in den Anhängen C, D und E aufgeführten Beschichtungssysteme dürfen verwendet werden, sofern sie geeignet sind. In besonderen Fällen dürfen für Reparaturarbeiten Systeme verwendet werden, die in der vorherigen Ausgabe dieser Norm festgelegt wurden (z. B. Beschichtungen auf PVC-Basis).

Die notwendige Oberflächenvorbereitung vorliegender Altbeschichtungen und die Verträglichkeit des zu verwendenden Beschichtungssystems sollten vor Beginn der Reparaturarbeiten auf geeignete Weise geprüft werden.

Zur Überprüfung der Empfehlungen des Herstellers und/oder der Verträglichkeit mit dem vorherigen Beschichtungssystem dürfen Probeflächen angelegt werden.

6 Arten von Beschichtungsstoffen

6.1 Allgemeines

In den informativen Tabellen C.1 bis C.6, D.1 und E.1 sind für die einzelnen Korrosivitätskategorien verschiedene Beispiele von Beschichtungssystemen und deren zu erwartende Schutzdauer angegeben. Die Systeme wurden aufgenommen, weil sie nachweislich mit Erfolg verwendet wurden, wobei die Liste jedoch nicht erschöpfend ist. Weitere ähnliche Systeme können ebenfalls geeignet sein. Nur die Arten von Bindemitteln, die in den Beschichtungsstoffen der Tabellen C.1 bis C.6, D.1 und E.1 erwähnt werden, sind in diesem Abschnitt beschrieben. Da es sich hierbei um Beispiele handelt, können auch Beschichtungsstoffe auf der Basis anderer Bindemittel verwendet werden.

Es werden ständig neue Technologien entwickelt. Oft wird dies durch staatliche Gesetzgebungen ausgelöst. Neue Technologien sollten berücksichtigt werden, wenn sie geeignet sind und wenn ihre Leistung nachgewiesen wurde.

- a) durch die erfolgreiche Anwendung solcher Technologien und/oder
- b) Prüfergebnisse, mindestens entsprechend ISO 12944-6.

ANMERKUNG 1 Die Angaben in 6.2 betreffen nur die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Beschichtungsstoffen und nicht ihren Anwendungsbereich. Abweichungen von den Eigenschaften der beschriebenen Beschichtungsstoffe sind in Abhängigkeit der Formulierung zu erwarten.

6.2 Beispiele für Arten von Beschichtungen

6.2.1 Alkydharzbeschichtungen (AK)

Die Filmbildung erfolgt bei diesen einkomponentigen Beschichtungsstoffen durch Verdunsten von Lösemitteln und/oder Wasser mit nachfolgender Reaktion des Bindemittels mit dem Sauerstoff der Luft.

6.2.2 Acrylharzbeschichtungen (AY)

Acrylharzbeschichtungen sind einkomponentige Beschichtungsstoffe, die sowohl wasserverdünnbar als auch lösemittelhaltig erhältlich sind. Die Filmbildung (Übergang vom Beschichtungsstoff zur Beschichtung) von Acrylharzbeschichtungen auf Lösemittelbasis erfolgt durch Verdunsten der Lösemittel ohne andere Formveränderungen, d. h. der Vorgang ist reversibel, und die Beschichtung kann jederzeit im ursprünglichen Lösemittel wieder gelöst werden. Das Bindemittel in Acrylharzbeschichtungen auf Wasserbasis ist in Wasser dispergiert. Die Filmbildung erfolgt durch Verdunsten von Wasser und Koaleszenz des dispergierten Bindemittels. Dieser Vorgang ist irreversibel, d. h. diese Filme sind nach dem Trocknen nicht wasserlöslich.

Die Trocknungsdauer hängt unter anderem von der Luftbewegung, der relativen Luftfeuchte und der Temperatur ab.

6.2.3 Ethylsilikat (ESI)

Zinkgrundierungen auf Ethylsilicat-Basis gibt es als einkomponentige oder zweikomponentige Beschichtungsstoffe. Dabei erfolgt die Filmbildung/Trocknung durch Verdunsten der Lösemittel und chemische Härtung durch die Reaktion mit der Feuchtigkeit in der Luft. Zweikomponenten-Beschichtungen bestehen aus einer flüssigen Komponente, die hauptsächlich das Bindemittel enthält und einer Pulverkomponente, die hauptsächlich aus Zinkstaub besteht. Die Mischung von Flüssigkeit und Pulver hat eine begrenzte Topfzeit.

Die Trocknungsdauer hängt unter anderem von der Temperatur, der Luftbewegung, der Luftfeuchte und der Schichtdicke ab. Je niedriger die relative Luftfeuchte, desto langsamer die Härtung.

Um Blasenbildung, Poren oder sonstige Fehler in der Beschichtung zu vermeiden, ist es wichtig die Herstellerangaben zu den Umgebungsbedingungen insbesondere den Grenzen der relativen Luftfeuchte und der Nass- und Trockenschichtdicke einzuhalten. Werden die Angaben zur maximalen Sollschichtdicke überschritten, besteht die Gefahr der Rissbildung.

6.2.4 Epoxidharzbeschichtungen (EP)

Beschichtungsstoffe auf der Basis von Epoxidharzen sind zweikomponentige Beschichtungen. Die Beschichtung trocknet durch Verdunsten von Lösemitteln, falls vorhanden, und härtet durch eine chemische Reaktion zwischen einer Stammkomponente und einer Härterkomponente. Die Mischung von Stamm- und Härterkomponente hat eine begrenzte Topfzeit (siehe 3.11).

Die Bindemittel in der Stammkomponente sind Polymere mit Epoxidgruppen, z. B. Epoxid, Epoxid-Vinyl/Epoxid-Acryl oder Epoxid-Kombinationen (z. B. Epoxidharze mit Kohlenwasserstoffharzen).

Die Härterkomponente kann, z. B. aus Polyaminen, Polyamiden oder Addukten bestehen.

Die Trocknungsdauer hängt unter anderem von der Luftbewegung und der Temperatur ab.

Formulierungen können auf lösemittelhaltig, wasserverdünnbar oder lösemittelfrei sein.

Die meisten Epoxidharz-Beschichtungen kreiden, wenn sie dem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Falls Farb- oder Glanzhaltung gefordert wird, sollte eine Deckbeschichtung auf der Basis von aliphatischem Polyurethan (siehe 6.2.5) oder aus einer geeigneten Einkomponenten-Acrylbeschichtung (siehe 6.2.2) verwendet werden.

6.2.5 Polyurethanbeschichtungen (PUR)

Die Filmbildung der Einkomponenten-Polyurethanbeschichtungen erfolgt anfänglich durch Verdunsten der Lösemittel (wenn Lösemittel vorhanden sind) und anschließend durch eine chemische Reaktion mit der Feuchtigkeit in der Luft. Der Vorgang ist irreversibel, d. h. dass der Film nicht im ursprünglichen Lösemittel gelöst werden kann. Bei Polyurethanbeschichtungen sind sowohl auf der Basis von aromatischen und aliphatischen Rohstoffen verfügbar. Beschichtungsstoffe auf der Basis aromatischer Bindemittel werden nicht für Deckbeschichtungen empfohlen, da diese zum Kreiden neigen.

Beschichtungen von Zweikomponenten-Beschichtungsstoffen auf der Basis von Polyurethanen trocknen durch Verdunsten von Lösemitteln, falls vorhanden, und härtet durch eine chemische Reaktion zwischen einer Stammkomponente und einer Härterkomponente. Die Mischung von Stamm- und Härterkomponente hat eine begrenzte Topfzeit (siehe 3.11).

Die Bindemittel der Stammkomponente sind Polymere mit freien Hydroxylgruppen, die mit geeigneten Isocyanat-Härtern reagieren, z. B. Polyesterharzen, Acrylharzen, Epoxidharzen, Polyetherharzen, Fluorharzen. Sie können mit nicht reaktiven Bindemitteln, z. B. Kohlenwasserstoffharzen, kombiniert werden.

Die Härterkomponente enthält ein aromatisches oder aliphatisches Polyisocyanat.

Die Trocknungsdauer hängt unter anderem von der Luftbewegung, der relativen Luftfeuchte und der Temperatur ab.

6.2.6 Polyaspartat-Beschichtungen (PAS)

Die Beschichtung von zweikomponentigen Beschichtungsstoffen auf der Basis von Polyaspartaten trocknet durch Verdunsten von Lösemitteln, falls vorhanden, und härtet durch eine chemische Reaktion zwischen einer Stammkomponente und einer Härterkomponente. Die Mischung von Stamm- und Härterkomponente hat eine begrenzte Topfzeit (siehe 3.11).

Der Vorgang ist irreversibel, d. h. dass der Film nicht im ursprünglichen Lösemittel aufgelöst werden kann. Die Bindemittel der Stammkomponente sind aminofunktionelle Aspartate, die mit geeigneten Polyisocyanaten reagieren. Sie können mit nicht reaktiven Bindemitteln, z. B. Kohlenwasserstoffharzen, kombiniert werden. Die Härterkomponente enthält ein aliphatisches Polyisocyanat. Gute Glanz- und Farbstabilität der Filme wird durch die Kombination geeigneter Stammkomponenten mit aliphatischen Polyisocyanaten erzielt.

Die Trocknungsdauer hängt unter anderem von der Luftbewegung, der relativen Luftfeuchte und der Temperatur ab.

6.2.7 Fluorpolymer- und Fluorethylen/Vinylether-Copolymer (FEVE)-Beschichtungen

Zweikomponentige Beschichtungsstoffe auf der Basis von Fluorpolymeren sind sowohl als lösemittelhaltige oder als wasserverdünnbare Formulierung verfügbar. Die Beschichtung von Beschichtungsstoffen auf der Basis von Fluorpolymeren trocknet durch Verdunsten von Lösemitteln und härtet durch eine chemische Reaktion zwischen einem Grundharz und einer Härterkomponente. FEVE-Beschichtungen mit Isocyanat-Härtung wurden bereits als lösemittelhaltige Beschichtungsstoffe, die bei Umgebungsbedingungen

aushärten, eingesetzt. Sie können auch bei hohen Temperaturen mit blockierten Isocyanat- oder Melaminhärtern ausgehärtet werden.

FEVE-Beschichtungen sind im Vergleich zu anderen Beschichtungen äußerst witterungsbeständig. Das Harz der Stammkomponente ist ein Fluorpolymer mit freien Hydroxylgruppen, die mit geeigneten Isocyanat-Härtern zu Polyurethanen, reagieren. Mit aliphatischen Isocyanaten gehärtete Produkte verfügen über eine ausgezeichnete Glanzhaltung.

Die FEVE-Polymer-Struktur besteht fast gänzlich aus regelmäßig alternierend angeordneten Fluorolefin- und Vinylether-Segmenten. Obwohl die Schutzdauer von FEVE-Harzen von den starken C-F-Bindungen herrührt, ist der Hauptgrund für den hohen Grad der Witterungsbeständigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Polymeren wie beispielsweise Acrylharzbeschichtungen die regelmäßig alternierende Folge der Segmente.

Die Bindungsenergien in dem alternierenden Copolymer des FEVE-Harzes sind größer als in natürlichem UV-Licht. Dadurch ist das Fluorpolymer nur schwer durch natürliche UV-Strahlung abbaubar.

Wenn UV-Strahlung eine chemische Bindung aufspaltet, werden freie Radikale gebildet. Diese freien Radikale können den Abbau weiterer Beschichtungskomponenten einschließlich des reagierten Harzes, von Pigmenten und sonstigen Zusatzmitteln in Gang setzen. Es ist sehr schwierig, im FEVE-Harz diese freien Radikale zu erzeugen. Daher ist der Abbau von vernetzten FEVE-Beschichtungen, die mehrere Arten chemischer Bindungen enthalten, schwieriger als bei herkömmlichen Polymeren wie z. B. Standard-Polyurethan- und -Acrylharzbeschichtungen.

7 Beschichtungssysteme

7.1 Grundbeschichtungen und Arten von Grundbeschichtungsstoffen

7.1.1 Allgemeines

Als erste Schicht von Beschichtungssystemen müssen Grundbeschichtungen für Haftfestigkeit auf einem ausreichend aufgerauten gereinigten Metalluntergrund sorgen. Die Grundbeschichtung muss außerdem auch Haftung zu den nachfolgenden Schichten bieten.

In den Tabellen C.1 bis C.6 und D.1 sind Beschichtungssysteme mit mindestens einer Schicht beschrieben. In diesen Fällen muss die Grundbeschichtung auch als Deckbeschichtung fungieren.

7.1.2 Arten von Grundbeschichtungsstoffen

Die Tabellen C.1 bis C.6 enthalten Angaben über die Art der zu verwendenden Grundbeschichtungsstoffe. Für die Anwendung dieses Teiles von ISO 12944 werden Grundbeschichtungsstoffe nach der Art der enthaltenen Pigmente in zwei Hauptkategorien eingeteilt:

- Zinkstaub-reiche Grundbeschichtungsstoffe, Zn (R), sind Grundbeschichtungsstoffe mit einem Zinkstaubanteil ≥ 80 % (Massenanteil) im trockenen Film;
- andere Grundbeschichtungsstoffe (div.) sind alle anderen Arten von Grundbeschichtungsstoffen.

Zu Fertigungsbeschichtungsstoffen siehe Anhang F.

Das Zinkstaubpigment muss ISO 3549 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Aufgrund der potenziell hohen Fehlerspanne bei der Bestimmung des Gehalts an metallischem Zink von Zink-Grundbeschichtungsstoffen mit der ASTM D6580-Laborprüfung, ist es den Herstellern von Beschichtungsstoffen gestattet, den theoretischen Zinkstaubgehalt basierend auf der Formulierung anzugeben. Dies kann zwischen den Vertragspartnern im Rahmen einer vertraulichen Rezeptureinsicht oder durch ein Audit erfolgen.

ANMERKUNG 2 Der Anteil von 80 % Zinkstaub (Massenanteil) im Trockenfilm von Zinkstaub-reichen Grundbeschichtungsstoffen Zn(R) ist die Grundlage für die in den Tabellen angegebene Schutzdauer der Beschichtungssysteme. Einige Länder haben nationale Normen mit einem Mindestanteil von Zinkstaub in Zinkstaub-reiche Grundbeschichtungsstoffen Zn(R) von mehr als 80 %.

7.2 Nachfolgende Beschichtungen

7.2.1 Allgemeines

Die Tabellen C.1 bis C.6, D.1 und E.1 enthalten Angaben zu den Arten der nachfolgenden Beschichtungen, wenn die Anzahl der Schichten größer als 1 ist. Zur besseren Lesbarkeit der Tabellen C.1 bis C.5, D.1 und E.1 wurde der Begriff nachfolgende Beschichtungen eingeführt. Er fasst alle zusätzlichen Beschichtungen wie Zwischen- und Deckbeschichtungen zusammen, die auf die Grundbeschichtung aufgetragen werden.

7.2.2 Zwischenbeschichtungen

Zwischenbeschichtungen werden in Beschichtungssystemen mit 3 oder mehr Schichten zwischen der Grundbeschichtung und der Deckbeschichtung hauptsächlich als Barriere gegen korrosive Medien verwendet.

7.2.3 Deckbeschichtungen

Deckbeschichtungen bestimmen als letzte Beschichtung in einem Beschichtungssystem das optische Erscheinungsbild von Stahlbauten. Bei der Wahl der Bindemittelart sind die Glanz- und Farbhaltung sowie die Chemikalienbeständigkeit zu berücksichtigen. 4.2 enthält Angaben zu den Arten der in den Anhängen B bis E genannten Beschichtungsstoffe.

7.3 Trockenschichtdicke

Die in den Tabellen B.2 bis B.5 angegebenen Schichtdicken sind Sollschichtdicken (siehe 3.9). Trockenschichtdicken (siehe 3.8) werden allgemein an dem gesamten Beschichtungssystem geprüft. Wenn es für erforderlich gehalten wird, darf die Trockenschichtdicke der Grundbeschichtung oder anderer Teile des Beschichtungssystems getrennt gemessen werden.

ANMERKUNG Je nach Kalibrierung des Messgerätes sowie je nach Messverfahren und Trockenschichtdicke hat die Rauheit der Stahloberfläche einen unterschiedlichen Einfluss auf das Messergebnis.

Das Verfahren zum Überprüfen von Trockenschichtdicken auf rauen Oberflächen und dessen Durchführung müssen ISO 19840 entsprechen und bei feuerverzinkten Oberflächen ISO 2808, falls nicht anders zwischen den Vertragspartnern vereinbart.

Es gelten die Annahmekriterien nach ISO 19840, sofern nicht anders vereinbart.

Es ist darauf zu achten, dass die Trockenschichtdicke erreicht wird und Bereiche mit zu hoher Schichtdicke vermieden werden. Es wird empfohlen, dass die Höchstschichtdicke (siehe 3.10) (Einzelwert) das Dreifache der Sollschichtdicke nicht überschreitet. Falls die Höchstschichtdicke überschritten wird, muss zwischen den Vertragspartnern eine fachliche Übereinkunft gefunden werden. Bei einigen Produkten oder Systemen gibt es eine kritische Höchstschichtdicke. Die Angaben im technischen Datenblatt des Beschichtungsstoffherstellers gelten für solche Produkte oder Systeme.

Die im Anhang B angegebene Anzahl von Schichten und Sollschichtdicken gelten für eine Applikation durch Airless-Spritzen. Applikationen mit Rolle, Pinsel oder mit konventionellen Spritzgeräten führt hingegen allgemein zu niedrigeren Schichtdicken, so dass dann eine größere Anzahl Schichten benötigt wird, um die gleiche Trockenschichtdicke des Beschichtungssystems zu erreichen. Hinsichtlich weitergehender Informationen ist der Beschichtungsstoffhersteller zu befragen.

7.4 Schutzdauer

Die Definition der Schutzdauer und die Zeitspannen für die Schutzdauer sind in ISO 12944-1 festgelegt.

Die Schutzdauer eines Beschichtungssystems hängt von mehreren Parametern ab, z. B. von:

- der Art des Beschichtungssystems;
- der Gestaltung des Bauwerks;
- dem Zustand des Substrates vor der Oberflächenvorbereitung;
- dem Oberflächenvorbereitungsgrad;
- der Qualität der Oberflächenvorbereitung;
- dem Zustand von Fugen, Kanten und Schweißnähten vor der Vorbereitung;
- der Ausführung der Beschichtungsarbeiten;
- den Verarbeitungsbedingungen;
- den Belastungen nach dem Beschichten.

Der Zustand eines vorhandenen Beschichtungssystems kann nach ISO 4628-1, ISO 4628-2, ISO 4628-3, ISO 4628-4, ISO 4628-5 und ISO 4628-6 bewertet werden, die Wirksamkeit der Oberflächenvorbereitung nach ISO 8501-1 und ISO 8501-3.

Empfehlungen bezüglich der ersten größeren Instandhaltung sind in ISO 12944-1 angegeben.

7.5 Beschichten im Werk und auf der Baustelle

Um die optimale Leistung eines Beschichtungssystems sicherzustellen, sollten die meisten Schichten des Systems oder, falls möglich, das gesamte System, vorzugsweise im Werk aufgetragen werden. Die Vor- und Nachteile des Beschichtens im Werk sind:

Vorteile

- a) bessere Überwachungsmöglichkeit des Beschichtens;
- b) geregelte Temperatur;
- c) geregelte relative Luftfeuchte;
- d) günstige Möglichkeit der Ausbesserung von Schäden;
- e) größerer Durchsatz;
- f) bessere Möglichkeit der Kontrolle über Abfallbeseitigung und Umweltbelastungen.

Nachteile

- a) mögliche Begrenzungen durch die Größe der Bauteile/Komponenten;
- b) mögliche Schäden durch Handhabung, Transport und Montage;
- c) mögliche Überschreitung der maximalen Überarbeitungszeit, wenn nachfolgende Schichten auf der Baustelle aufgetragen werden;
- d) mögliche Verschmutzung der letzten Schicht.

Nach dem Abschluss der Montage auf der Baustelle sind alle Schäden entsprechend der Spezifikation auszubessern.

ANMERKUNG Die Stellen, an denen ausgebessert wurde, bleiben immer mehr oder weniger sichtbar. Wenn ästhetische Aspekte wichtig sind, kann daher eine ganzflächige Deckbeschichtung auf der Baustelle geeigneter sein.

Die Applikation des Beschichtungssystems auf der Baustelle hängt stark von den jeweiligen Wetterbedingungen ab. Die Applikationsbedingungen haben auch einen Einfluss auf die zu erwartende Lebensdauer.

Zur Beschichtung von vorgespannten Scherlochleibungsverbindungen sind Beschichtungssysteme zu verwenden, die nicht zu einer unzulässigen Abnahme der Vorspannkraft führen. Die ausgewählten

Beschichtungssysteme und/oder die entsprechenden Vorkehrungen, die für solche Verbindungen getroffen werden, hängen von der Art des Bauwerks und der weiteren Nutzung, Aufbau und Transport ab.

8 Tabellen der Beschichtungssysteme für C2 bis C5, Im1, Im2 und Im3

8.1 Lesen der Tabellen

Die in den Anhängen C bis E enthaltenen Tabellen geben **Beispiele** für Beschichtungssysteme für verschiedene Umgebungen. Die Schattierung in abwechselnden Zeilen dient lediglich zum leichteren Lesen. Die Beschichtungsstoffe für all diese Systeme müssen für die höchste Korrosionsbelastung der jeweiligen Korrosivitäts- oder Immersionskategorie geeignet sein. Der Planer muss sicherstellen, dass eine Dokumentation oder eine Aussage des Beschichtungsstoffherstellers vorliegt, in der die Eignung oder Haltbarkeit eines Beschichtungssystems für eine vorgegebene Korrosivitäts- oder Immersionskategorie bestätigt wird.

ANMERKUNG Die aufgeführten Beschichtungssysteme wurden als „typische Systeme“ ausgewählt. Dies hat dazu geführt, dass einige Systeme aufgeführt wurden, die in einigen Ländern nicht unbedingt typisch oder erhältlich sind. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass weder ein einfacher Überblick gegeben werden kann, noch alle Möglichkeiten berücksichtigt werden können.

8.2 Parameter, die die Schutzdauer beeinflussen

In der Praxis haben einige Systeme eine nachgewiesene Schutzdauer, die viel länger als 25 Jahre ist. Die Erhöhung der Schichtdicke führt zur Verbesserung der Barriereigenschaften, kann sich aber ab einem bestimmten Niveau aufgrund der verschlechterten mechanischen Eigenschaften und der höheren Gefahr der Lösemittelretention negativ auswirken. Eine größere Anzahl von Einzelschichten kann aufgrund der deutlich besseren Lösemittelabgabe zu geringeren inneren Spannungen führen. Gleichzeitig werden Schwankungen in der Schichtdicke, die durch Spritznebel hervorgerufen werden, bei einer erhöhten Anzahl der Schichten üblicherweise reduziert. Darüber hinaus führt die Wahl eines Systems, das für eine „höhere“ Korrosivitätskategorie ausgelegt ist als vorgesehen zu einer längeren Schutzdauer, wenn ein solches System in einer Umgebung mit geringerer Korrosivität verwendet wird.

Während der festgelegten Haltbarkeit (siehe 3.12) können die Beschichtungsstoffe verwendet werden, ohne dass ihr Alter einen Einfluss auf die Verarbeitung des Beschichtungsstoffes oder die Schutzwirkung der resultierenden Beschichtung hat.

8.3 Bezeichnung der aufgeführten Beschichtungssysteme

Ein in den Tabellen C.1 bis C.6 und E.1 enthaltenes Beschichtungssystem wird durch seine System-Nummer bezeichnet, die in der linken Spalte jeder Tabelle angegeben ist. Die Bezeichnung ist in der folgenden Form anzugeben (Beispiel aus Tabelle C.1 für Beschichtungssystem Nr. C2.08): **ISO 12944-5/C2.08**.

In Fällen, in denen Beschichtungen mit unterschiedlichen Bindemitteln unter ein und derselben Beschichtungssystem-Nummer angegeben sind, müssen das jeweils in der/den Grund- und der/den nachfolgenden Beschichtung(en) verwendete Bindemittel aus der Bezeichnung hervorgehen, die in der folgenden Form anzugeben ist (Beispiel aus Tabelle C.1 für Beschichtungssystem Nr. C2.06): **ISO 12944-5/C2.06-EP/PUR**.

Wenn ein Beschichtungssystem nicht einem der in den Tabellen C.1 bis C.6, D.1 und E.1 aufgeführten Systeme zugeordnet werden kann, sind vollständige Angaben bezüglich Oberflächenvorbereitung, Art, Anzahl der Schichten, Sollsichtdicke usw. in der gleichen Weise wie in den Tabellen angegeben zu machen.

8.4 Anleitung zur Auswahl des geeigneten Beschichtungssystems

- Die Korrosivitätskategorie der Umgebung (Makroklima) wird ermittelt, in der das Bauwerk errichtet wird (ISO 12944-2);

- es wird festgestellt, ob spezielle Bedingungen (Mikroklima) vorliegen, die zu einer höheren Korrosivitätskategorie führen können (ISO 12944-2);
- in den Anhängen B bis E die entsprechende Tabelle suchen. In Anhang B ist eine Reihe von Mindestanforderungen an Korrosionsschutzsysteme in den verschiedenen Korrosivitäts- und Immersionskategorien und mit den entsprechenden Schutzdauern festgelegt. Die Tabellen C.1 bis C.6, D.1 und E.1 enthalten Vorschläge für unterschiedliche Arten von Beschichtungssystemen für die Korrosivitätskategorien C2 bis C5 und Im1 bis Im3;
- in der entsprechenden Tabelle Beschichtungssysteme mit der geforderten Schutzdauer aussuchen;
- Zusammen mit dem Beschichtungsstoffhersteller die Auswahl beraten und festlegen, welche(s) im Handel erhältliche(n) Beschichtungssystem(e) dem gewählten Beschichtungssystem entspricht (entsprechen).

Anhang A (normativ)

Abkürzungen und Beschreibungen

Tabelle A.1 enthält eine Übersicht über Abkürzungen und Beschreibungen.

Tabelle A.1 — Abkürzungen und Beschreibungen

Reihe	Abkürzung	Beschreibung			
Art des Grundbeschichtungsstoffes	Zn(R)	Zinkstaub-reiche Grundbeschichtungsstoff, siehe 5.2 für weitere Einzelheiten. Die übliche Sollsichtdicke variiert zwischen 40 µm und 80 µm.			
	div.	Alle anderen Kategorien von Grundbeschichtungsstoffen			
Bindemittelbasis für Grundbeschichtungsstoffe und nachfolgende Beschichtungen		Hauptbindemittel	Anzahl Komponenten	wässrig möglich	Zusätzliche Bemerkungen
	AK	Alkydharz	ein	X	
	AY	Acrylharz	ein	X	üblicherweise wasserverdünnbar
	EP	Epoxidharz	zwei	X	UV-Beständigkeit
	PUR	Polyurethan	ein oder zwei	X	nur aliphatische Typen für Deckbeschichtungen
	ESI	Ethylsilicat	ein oder zwei		nur für Grundbeschichtungsstoffe. Die Verwendung einer Tie-Coat-Haftbeschichtung, die mit der nächsten nachfolgenden Beschichtung verträglich ist, wird empfohlen
	C2 bis C5	Korrosivitätskategorien, siehe ISO 12944-2			
	NDFT	Sollsichtdicke. Siehe 7.3 für weitere Einzelheiten.			
	MNOC	Mindestanzahl an Schichten (en: minimum number of coats). Abhängig vom Beschichtungsstoff, dem Applikationsverfahren und der Gestaltung der Teile, kann es notwendig sein, eine höhere Anzahl an Schichten aufzubringen.			

Detaillierte Beispiele für Beschichtungssysteme in verschiedenen Korrosivitätskategorien und Schutzauern werden in den Anhängen C bis E aufgeführt.

Anhang B (normativ)

Mindestanforderungen an Beschichtungssysteme

Die Tabellen B.1 bis B.5 beschreiben die Mindestanforderungen (Oberflächenvorbereitung, Mindestanzahl an Schichten und Sollschichtdicke) an Korrosionsschutzsysteme für die angegebenen Schutzdauern und Korrosivitäts-/Immersionsskategorien auf unlegiertem Stahl, feuerverzinktem Stahl und thermisch gespritzten Metallüberzügen.

Eine sorgfältige Oberflächenvorbereitung ist eine der Vorbedingungen für ein dauerhaftes Korrosionsschutzsystem. Die Klassifizierung der Beschichtungssysteme beruht auf der in Tabelle B.1 beschriebenen Mindestanforderung an die Oberflächenvorbereitung. Falls nicht anders in den technischen Datenblättern der Beschichtungsstoffe festgelegt, sollten diese Vorbereitungsgrade als Mindestanforderung für die Oberflächenvorbereitung gelten.

Tabelle B.1 — Oberflächenvorbereitung

Substrat	Mindest-Vorbereitungsgrad (falls nicht anderweitig festgelegt)	Erste Schicht des Schutzsystems
unlegierter Stahl Rostgrade A, B, C oder D ^a nach ISO 8501-1	Sa 2½ nach ISO 8501-1 Mittel (G) nach ISO 8503-1	Zn (R) Grundbeschichtungsstoff
	Sa 2½ nach ISO 8501-1 weitere Informationen sollten in den technischen Datenblättern aufgeführt sein	div. Grundbeschichtungsstoffe
	nach ISO 2063	Thermisch gespritzte Metallüberzüge und Versiegelung (nach ISO 2063)

^a Bei Rostgrad D ist besondere Sorgfalt zur Sicherstellung der geforderten Oberflächenvorbereitung notwendig.

Feuerverzinkter Stahl nach ISO 1461 ist mindestens durch Sweep-Strahlen vorzubereiten (siehe ISO 12944-4), falls nicht anderweitig festgelegt. ANMERKUNG Andere Kriterien sind ebenfalls wichtig, zum Beispiel wasserlösliche Salze, Staub, Öl, Fett, usw.

Die in den Tabellen B.2 bis B.5 als Richtwerte angegeben Mindest-Sollschichtdicken können unter Umständen für bestimmte Anwendungen nicht ausreichend sein. Höhere Sollschichtdicken könnten erforderlich sein.

Die in den Tabellen B.2 bis B.5 angegebene Anzahl von Schichten und Sollschichtdicken gelten für die Applikation durch Airless-Spritzen. Die Applikation mit Rolle, Pinsel oder mit konventionellen Spritzgeräten führt hingegen allgemein zu niedrigeren Schichtdicken, so dass dann eine größere Anzahl Schichten benötigt wird, um die gleiche Trockenschichtdicke des Beschichtungssystems zu erreichen. Hinsichtlich weitergehender Informationen ist der Beschichtungstoffhersteller zu befragen.

Neue innovative Beschichtungstechnologien können, sobald verfügbar, einen gleichwertigen Korrosionsschutz bei einer niedrigeren Sollschichtdicke (NDFT) und/oder einer reduzierten Mindestanzahl an Schichten (MNOC) im Vergleich zu heutigen Beschichtungstechnologien, die durch diese Norm abgedeckt

werden (Tabelle B.2 bis Tabelle B.5), bieten. Dasselbe gilt für praxisbewährte Systeme, die bereits über eine lange eingesetzt werden Haltbarkeit und eine gute Leistungsfähigkeit bewiesen haben, obwohl sie die Anforderungen an die Mindestanzahl an Schichten und Mindesttrockenschichtdicke nicht erfüllen. Die Leistungsfähigkeit dieser neuen Beschichtungstechnologien sollte durch eine Kombination aus Praxiserfahrung (Anwendungen in der Praxis, die in regelmäßigen Abständen bewertet werden, und Prüfungen bei der Produktentwicklung) und Laborprüfungen nach ISO 12944-6, welche durch ein unabhängiges Prüflabor durchgeführt und dokumentiert werden sollten, erwiesen werden. Im Vergleich zu ISO 12944-6 verlängerte Prüfdauern könnten auch zum weiteren Nachweis der Leistungsfähigkeit herangezogen werden; ein etabliertes und bewährtes Beschichtungssystem, das für die vorgesehene Endanwendung geeignet ist, sollte als Referenz zum Vergleich der Leistungsfähigkeit mitgeprüft werden. Es wird eingeräumt, dass bei neuen Technologien möglicherweise keine langfristigen Erfahrungen vorliegen, jedoch können Leistungsdaten, die aus rauerer Umgebungen über kürzere Zeiten gewonnen worden sind, nützlich bei der Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit eines Beschichtungssystems sein.

Im Falle von bewährten Systemen, welche die Mindestanzahl an Schichten und/oder die Mindest-Trockenschichtdicke nicht erfüllen, muss die Beweisführung aus der Praxis mit Informationen zur Aufbringung der Beschichtung und der Inspektion von exponierten Stahlbauten dokumentiert werden, sowohl zum Zeitpunkt der Aufbringung als auch einige Jahre, nachdem das Bauwerk einer Umgebung mit bekannter Korrosivitätskategorie ausgesetzt war (wie in dieser Norm festgelegt). Angaben hinsichtlich einer erwarteten Schutzdauer (niedrig, mittel, hoch, sehr hoch wie in dieser Norm festgelegt) können nur auf Basis der Anzahl der Jahre in der sich die Beschichtung in der Praxis bewährt hat, erhoben werden, entsprechend der zwischen den Vertragspartnern abgestimmten Kriterien.

Tabelle B.2 — Zusammenfassung der Mindestanzahl an Schichten und der Sollsichtdicke des Beschichtungssystems in Abhängigkeit von der Schutzdauer und der Korrosivität auf gestrahlten Stahlsubstraten

Schutzdauer		Niedrig (l)			Mittel (m)			Hoch (h)			Sehr hoch (vh)		
Art des Grundbeschichtungsstoffes		Zn(R)	div.		Zn(R)	div.		Zn(R)	div.		Zn(R)	div.	
Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffes		ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY
Bindemittelbasis der nachfolgenden Schichten		EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY
C2	MNOC	a			–	–	1	1	1	1	2	2	2
	NDFT				–	–	100	60	120	160	160	180	200
C3	MNOC	–	–	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	NDFT	–	–	100	60	120	160	160	180	200	200	240	260
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	–
	NDFT	60	120	160	160	180	200	200	240	260	260	300	–
C5	MNOC	2	2	–	2	2	–	3	2	–	3	3	–
	NDFT	160	180	–	200	240	–	260	300	–	320	360	–
ANMERKUNG 1 Die Abkürzungen sind in Tabelle A.1 beschrieben. Bei Einschichtern wird die Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffes empfohlen. ANMERKUNG 2 Neben Polyurethan-Bindemitteln können auch andere Bindemittel geeignet sein, z. B. Polysiloxane, Polyaspartat-Bindemittel und Fluorpolymere (Fluorethylen/Vinylether-Copolymer [FEVE]).													
^a Wenn eine Beschichtung erwünscht ist, ist ein System für eine höhere Korrosivitätskategorie oder Schutzdauer, z. B. C2 „hoch“ oder C3 „mittel“ zu verwenden.													

Detaillierte Beispiele für Beschichtungssysteme in verschiedenen Korrosivitätskategorien und Schutzdauern werden im Anhang C, Tabellen C.1 bis C.6 aufgeführt.

Tabelle B.3 — Zusammenfassung der MNOC und der NDFT des Beschichtungssystems in Abhängigkeit von der Korrosivität auf feuerverzinktem Stahl nach ISO 1461

Schutzdauer		Niedrig (l)		Mittel (m)		Hoch (h)		Sehr hoch (vh)	
Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffes		EP, PUR	AY	EP, PUR	AY	EP, PUR	AY	EP, PUR	AY
Bindemittelbasis der nachfolgenden Schichten		EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY
C2	MNOC	a		a		1	1	1	2
	NDFT					80	80	120	160
C3	MNOC	a		1	1	1	2	2	2
	NDFT			80	80	120	160	160	200
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	
	NDFT	80	80	120	160	160	200	200	
C5	MNOC	1	2	2	2	2		2	
	NDFT	120	160	160	200	200		240	
ANMERKUNG 1 Die Abkürzungen werden in Tabelle A.1 beschrieben. Bei Einzelschichten wird die Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffs empfohlen. ANMERKUNG 2 Neben Polyurethan-Bindemitteln können auch andere Beschichtungstechnologien geeignet sein, z.B. Polysiloxane, Polyaspartat-Bindemittel und Fluorpolymere (Fluorethylen/Vinylether-Copolymer [FEVE]). ANMERKUNG 3 Die Schutzdauer bezieht sich in diesem Fall auf die Haftfestigkeit des Beschichtungssystems auf der feuerverzinkten Oberfläche. Im Falle eines beschädigten Beschichtungssystems sorgt die verbleibende Zinkschicht für den weiteren Schutz des Stahls.									
^a Wenn eine Beschichtung erwünscht ist, ist ein System mit einer höheren Korrosivitätskategorie oder Schutzdauer, z. B. C2 „hoch“ oder C3 „mittel“ zu verwenden.									

Detaillierte Beispiele für Beschichtungssysteme in verschiedenen Korrosivitätskategorien und Schutzdauern werden in Tabelle D.1 angegeben.

Tabelle B.4 — Zusammenfassung der Mindestanzahl an Schichten (MNOc) und der Sollsichtdicke des Beschichtungssystems in Abhängigkeit von der Schutzdauer und Korrosivität auf thermisch gespritzten Metallüberzügen

Schutzdauer		Hoch (h)	Sehr hoch (vh)
Bindemittelbasis der nachfolgenden Schichten		EP, PUR	EP, PUR
C4	MNOc	2	2
	NDFT	160	200
C5	MNOc	2	2
	NDFT	200	240

ANMERKUNG 1 Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.
ANMERKUNG 2 Beim Überarbeiten von thermisch gespritztem Aluminium in einer Chlorid belastete Umgebung sollte besonders sorgfältig vorgegangen werden, da vorzeitiges Versagen belegt wurde. Siehe auch [22].

Tabelle B.5 — Zusammenfassung der MNOc und der NDFT der Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl für vier Immersionskategorien mit drei verschiedenen Korrosivitäten

Schutzdauer	Hoch (h)			Sehr hoch (vh)		
Art des Grundbeschichtungsstoffes	Zn(R)	div.	–	Zn(R)	div.	–
Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffes	ESI, EP, PUR	EP, PUR	–	ESI, EP, PUR	EP, PUR	–
Bindemittelbasis der nachfolgenden Schichten	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR
MNOc	2	2	1	2	2	1
NDFT	360	380	400	500	540	600

ANMERKUNG Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.

Detaillierte Beispiele für Beschichtungssysteme in verschiedenen Korrosivitätskategorien und Schutzdauern werden in Tabelle C.4 angegeben.

Anhang C (informativ)

Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl

Durch eine Kombination aus praktischer Objekterfahrung und den Laborprüfungen nach ISO 12944-6 haben sich bestimmte Beschichtungssysteme unter den Voraussetzungen und Anforderungen des Anhangs B für unlegierten Stahl in der Praxis bewährt. Allgemeine grundlegende Beispiele, deren spezifische Formulierungen möglicherweise nicht geprüft worden sind, werden in den Tabellen C.1 bis C.6 aufgeführt. Andere Beschichtungssysteme mit der gleichen Leistungsfähigkeit sind möglich. Wenn diese Beispiele angewendet werden, muss sichergestellt werden, dass die Schutzdauer der gewählten Beschichtungssysteme auch bei der spezifizierten Anwendung erreicht wird. Siehe auch 7.4.

Die Nummern der Beschichtungssysteme setzen sich aus der Korrosivitätskategorie und einer fortlaufenden Nummer zusammen. Aufgrund der individuellen und extremen Art der Korrosionsbelastung der Korrosivitätskategorie CX können keine allgemeinen Empfehlungen für Beschichtungssysteme gegeben werden. Geeignete Beschichtungssysteme und Bewertungskriterien für CX-Umgebungen müssen durch die Vertragspartner festgelegt werden.

Tabelle C.1 — Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl für die Korrosivitätskategorie C1

System-Nr.	Grundbeschichtung				Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer			
	Binde-mittel	Art des Grundbe-schich-tungs-stoffes	Anzahl der Schich-ten	NDFT in μm	Bindemitteltyp	Gesamt-anzahl der Schich-ten	NDFT in μm	l	m	h	vh
Für Kategorie C1 darf jedes System, das für eine höhere Korrosivitätskategorie, vorzugsweise für C2 verwendet wird, eingesetzt werden.											

Tabelle C.2 — Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl für die Korrosivitätskategorie C2

System-Nr.	Grundbeschichtung				Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer			
	Bindemittel	Art des Grundbeschichtungsstoffes	Anzahl der Schichten	NDFT in μm	Bindemitteltyp	Gesamtanzahl der Schichten	NDFT in μm	l	m	h	vh
C2.01	AK, AY	div.	1	40 bis 80	AK, AY	1-2	80				
C2.02	AK, AY	div.	1	40 bis 100	AK, AY	1-2	100				
C2.03	AK, AY	div.	1	60 bis 160	AK, AY	1-2	160				
C2.04	AK, AY	div.	1	60 bis 80	AK, AY	2-3	200				
C2.05	EP, PUR, ESI	div.	1	60 bis 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
C2.06	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 100	EP, PUR, AY	2	180				
C2.07	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60	—	1	60				
C2.08	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	2	160				
ANMERKUNG Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.											

Tabelle C.3 — Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl für die Korrosivitätskategorie C3

System-Nr.	Grundbeschichtung				Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer			
	Bindemitteltyp	Art des Grundbeschichtungsstoffes	Anzahl der Schichten	NDFT in μm	Bindemitteltyp	Gesamtanzahl der Schichten	NDFT in μm	l	m	h	vh
C3.01	AK, AY	div.	1	80 bis 100	AK, AY	1-2	100				
C3.02	AK, AY	div.	1	60 bis 160	AK, AY	1-2	160				
C3.03	AK, AY	div.	1	60 bis 80	AK, AY	2-3	200				
C3.04	AK, AY	div.	1	60 bis 80	AK, AY	2-4	260				
C3.05	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
C3.06	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 160	EP, PUR, AY	2	180				
C3.07	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 160	EP, PUR, AY	2-3	240				
C3.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60				
C3.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	2	160				
C3.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	2-3	200				
ANMERKUNG Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.											

Tabelle C.4 — Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl für die Korrosivitätskategorie C4

System Nr.	Grundbeschichtung				Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer			
	Bindemitteltyp	Art des Grundbeschichtungsstoffes	Anzahl der Schichten	NDFT in μm		Gesamtanzahl der Schichten	NDFT in μm	l	m	h	vh
C4.01	AK, AY	div.	1	60 bis 160	AK, AY	1-2	160				
C4.02	AK, AY	div.	1	60 bis 80	AK, AY	2-3	200				
C4.03	AK, AY	div.	1	60 bis 80	AK, AY	2-4	260				
C4.04	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
C4.05	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 160	EP, PUR, AY	2	180				
C4.06	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 160	EP, PUR, AY	2-3	240				
C4.07	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 240	EP, PUR, AY	2-4	300				
C4.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60				
C4.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	2	160				
C4.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	2-3	200				
C4.11	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	3-4	260				
ANMERKUNG Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.											

Tabelle C.5 — Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl für die Korrosivitätskategorie C5

System Nr.	Grundbeschichtung				Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer			
	Bindemitteltyp	Art des Grundbeschichtungsstoffes	Anzahl der Schichten	NDFT in μm		Gesamtanzahl der Schichten	NDFT in μm	l	m	h	vh
C5.01	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 160	EP, PUR, AY	2	180				
C5.02	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 160	EP, PUR, AY	2-3	240				
C5.03	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 240	EP, PUR, AY	2-4	300				
C5.04	EP, PUR, ESI	div.	1	80 bis 200	EP, PUR, AY	3-4	360				
C5.05	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	2	160				
C5.06	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	2-3	200				
C5.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	3-4	260				
C5.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR, AY	3-4	320				
ANMERKUNG Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.											

Tabelle C.6 — Beschichtungssysteme für unlegierten Stahl für die Immersionskategorien Im1, Im2 und Im3

System Nr.	Grundbeschichtung				Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer			
	Bindemitteltyp	Art des Grundbeschichtungsstoffes	Anzahl der Schichten	NDFT in µm	Bindemitteltyp	Gesamtanzahl der Schichten	NDFT in µm	l	m	h	vh
I.01	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR	2-4	360				
I.02	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 bis 80	EP, PUR	2-5	500				
I.03	EP, PUR, ESI	div.	1	80	EP, PUR	2-4	380				
I.04	EP, PUR, ESI	div.	1	80	EP, PUR	2-4	540				
I.05			—	—	EP, PUR	1-3	400				
I.06			—	—	EP, PUR	1-3	600				
ANMERKUNG 1 Wässrige Produkte sind für die Belastung durch Immersion noch nicht geeignet. ANMERKUNG 2 In Abhängigkeit von den mechanischen und abrasiven Belastungen, ist es möglich, dass die Sollsichtdicke erhöht werden muss, um die Schutzdauer sicherzustellen. Bei abrasiven Belastungen wird eine NDFT von bis zu 1 000 µm empfohlen, bei extremen abrasiven Belastungen sogar bis zu 2 000 µm. ANMERKUNG 3 Die Immersionskategorien beziehen sich lediglich auf eine Außenbelastung. Geschlossene Räume und die Tankinnenflächen liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Teils von ISO 12944 (siehe ISO 12944-2). ANMERKUNG 4 Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.											

Anhang D (informativ)

Beschichtungssysteme auf feuerverzinktem Stahl

In Übereinstimmung mit den Anforderungen des Anhangs B haben sich bestimmte Formulierungen für Beschichtungssysteme für feuerverzinkten Stahl nach ISO 1461 in der Praxis durch eine Kombination aus dem Einsatz in der Praxis und Laborprüfungen nach ISO 12944-6 bewährt. Allgemeine grundlegende Beispiele, deren spezifische Formulierungen möglicherweise nicht geprüft worden sind, sind in Tabelle D.1 aufgeführt.

Andere Beschichtungssysteme mit der gleichen Leistungsfähigkeit sind möglich. Wenn diese Beispiele angewendet werden, muss sichergestellt sein, dass die gewählten Beschichtungssysteme, sofern sie wie festgelegt aufgetragen werden, mit der angegebenen Schutzdauer übereinstimmen. Siehe auch 7.4.

Die Nummern der Beschichtungssysteme setzen sich aus dem vorangesetzten Buchstaben „G“, der Korrosivitätskategorie und einer fortlaufenden Nummer zusammen. Aufgrund der individuellen und extremen Art der Korrosionsbelastung der Korrosivitätskategorie CX können keine allgemeinen Empfehlungen für Beschichtungssysteme gegeben werden. Geeignete Beschichtungssysteme und Bewertungskriterien für CX-Umgebungen müssen durch die Vertragspartner festgelegt werden.

Tabelle D.1 — Beschichtungssysteme für feuerverzinkten Stahl für die Korrosivitätskategorien C2 bis C5

System Nr.	Korrosivitäts-Kategorie	Grundbeschichtung			Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer ^a			
		Bindemittel typ	Anzahl der Schichten	NDFT in µm		Anzahl der Schichten	NDFT in µm	l	m	h	vh
G2.01	C2	EP, PUR, AY	1	80		1	80				
G2.02		AY	1	80	AY	2	160				
G2.03		EP, PUR	1	80 bis 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
G3.01	C3	EP, PUR, AY	1	80		1	80				
G3.02		EP, PUR	1	80 bis 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
G3.03		AY	1	80	AY	2	160				
G3.04		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2	160				
G3.05		AY	1	80	AY	2-3	200				
G4.01	C4	EP, PUR, AY	1	80		1	80				
G4.02		EP, PUR	1	80 bis 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
G4.03		AY	1	80	AY	2	160				
G4.04		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2	160				
G4.05		AY	1	80	AY	3	200				
G4.06		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2-3	200				

System Nr.	Korrosivi- täts- Kategorie	Grundbeschichtung			Nachfolgende Beschich- tung(en)	Beschichtungs- system		Schutzdauer ^a			
		Bindemittel typ	Anzahl der Schich- ten	NDFT in µm	Bindemittel- typ	Anzahl der Schichten	NDFT in µm	l	m	h	vh
G5.01	C5	EP, PUR	1	80 bis 120	EP, PUR, AY	1 bis 2	120				
G5.02		AY	1	80	AY	2	160				
G5.02		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2	160				
G5.03		AY	1	80	AY	3	200				
G5.04		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2 bis 3	200				
G5.05		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2 bis 3	240				
ANMERKUNG Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.											
^a Die Schutzdauer bezieht sich in diesem Fall auf die Haftfestigkeit des Beschichtungssystems an der feuerverzinkten Oberfläche. Im Falle eines beschädigten Beschichtungssystems, sorgt die verbleibende Zinkschicht für den weiteren Schutz des Stahls.											

Die Verwendung von Beschichtungssystemen auf feuerverzinktem Stahl bei Immersionsanwendungen ist möglich, jedoch ist besondere Sorgfalt anzuwenden bevor deren Eignung bestätigt wird. Das Aufbringen weiterer Beschichtungen auf feuerverzinkten Oberflächen verhindert nicht automatisch einen vorzeitigen Ausfall und kann in manchen Situationen sogar weiterhin zu vorzeitigem Versagen des Korrosionsschutzsystems beitragen. Die Entscheidung, Deckbeschichtungen auf feuerverzinkte Oberflächen bei Immersionsanwendungen aufzubringen, muss von Fall zu Fall nach einer genauen Bewertung der Risikofaktoren erbracht werden und muss auf der praxisbewährten Erfahrung mit bestimmten Beschichtungssystemen über demselben Substrat und für dieselben Immersionsbedingungen (Wassertyp, Temperatur, Strömung, pH-Wert, Härte, usw.) beruhen.

Anhang E (informativ)

Beschichtungssysteme auf thermisch gespritzten Metallüberzügen

In Übereinstimmung mit den Anforderungen des Anhangs B haben sich bestimmte Formulierungen für Beschichtungssysteme auf thermisch gespritzten Metallüberzügen in der Praxis durch eine Kombination aus dem Einsatz in der Praxis und Laborprüfungen nach ISO 12944-6 bewährt.

Tabelle E.1 — Beschichtungssysteme für thermisch gespritzte Metallüberzüge für die Korrosivitätskategorien C4 und C5

System-Nr.	Korrosivitäts-Kategorie	Versiegelungsbeschichtung			Nachfolgende Beschichtung(en)	Beschichtungssystem		Schutzdauer	
		Bindemittel-typ	Anzahl der Schichten	NDFT in µm	Bindemitteltyp	Anzahl der Schichten	NDFT in µm	h	vh
TSM 4.01	C4	EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	160		
TSM 4.02		EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	200		
TSM 5.01	C5	EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	200		
TSM 5.02		EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	240		

NA = Nicht anwendbar

ANMERKUNG 1 Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1.

ANMERKUNG 2 Die Versiegelung muss die Poren in dem metallischen Überzug ausfüllen. Sie ist bis zur vollständigen Aufnahme aufzubringen. Nach dem Aufbringen sollte keine messbare Beschichtung aus Versiegelung auf dem metallischen Überzug verbleiben.

ANMERKUNG 3 Die Systeme der Korrosionskategorie C2 und C3 werden nur als relevant betrachtet, wenn Sonderbelastungen in Form von hohen mechanischen oder thermischen Einwirkungen auftreten. Die Trockenschichtdicke des relevanten Systems für unlegierten Stahl ist heranzuziehen.

ANMERKUNG 4 Beim Überarbeiten von thermisch gespritztem Aluminium in einer Chlorid belastete Umgebung sollte besonders sorgfältig vorgegangen werden, da vorzeitiges Versagen dokumentiert wurde. Siehe auch [4].

Die Verwendung von Beschichtungssystemen auf thermisch gespritzten Metallüberzügen bei Immersionsanwendungen ist möglich, jedoch ist besondere Sorgfalt anzuwenden bevor deren Eignung bestätigt wird. Das Aufbringen weiterer Beschichtungen auf thermisch gespritzten Metallüberzügen verhindert nicht automatisch einen vorzeitigen Ausfall und kann in manchen Situationen sogar weiterhin zu vorzeitigem Versagen des Korrosionsschutzsystems beitragen. Die Entscheidung, Deckbeschichtungen auf thermisch gespritzten Metallüberzügen bei Immersionsanwendungen aufzubringen, muss von Fall zu Fall nach einer genauen Bewertung der Risikofaktoren erbracht werden und muss auf der praxisbewährten Erfahrung mit bestimmten Beschichtungssystemen über demselben Substrat und für dieselben Immersionsbedingungen (Wassertyp, Temperatur, Strömung, pH-Wert, Härte, usw.) beruhen.

Anhang F (informativ)

Fertigungsbeschichtungsstoffe

Fertigungsbeschichtungsstoffe werden dünnsschichtig auf frisch gestrahlten Stahl aufgetragen, um Stahlbauteile während Herstellung, Transport, Montage und Lagerung zeitlich vorübergehend vor Korrosion zu schützen. Die Fertigungsbeschichtung wird dann mit dem endgültigen Beschichtungssystem überarbeitet, das im Allgemeinen eine weitere Grundbeschichtung enthält. Angaben über die Verträglichkeit einiger Arten von Fertigungsbeschichtungen mit den Grundbeschichtungsstoffen von Beschichtungssystemen sind in Tabelle F.1 enthalten. Angaben zur Eignung von Fertigungsbeschichtungen in Kombination mit entsprechenden Beschichtungssystemen bei verschiedenen Umgebungsbedingungen enthält Tabelle F.2.

Fertigungsbeschichtungsstoffe bzw. Fertigungsbeschichtungen sollten folgende Eigenschaften haben:

- a) sie sollten für eine gleichmäßige Spritzapplikation in einer Trockenschichtdicke von üblicherweise 15 µm bis 30 µm geeignet sein;
- b) sie sollten sehr schnell trocknen. Beschichtet wird im Allgemeinen in einer Linie mit einer automatischen Strahlanlage, in der die Produkte mit einer Anlagengeschwindigkeit von 1 m/min bis 3 m/min verarbeitet werden können;
- c) die mechanischen Eigenschaften der erhaltenen Schicht sollten für übliches Handling wie mit Rollengängen, Magnetkränen usw. geeignet sein;
- d) die Beschichtung sollte über eine begrenzte Zeitdauer schützen;
- e) übliche Fertigungsverfahren wie Schweißen oder Brennschneiden sollten durch den Fertigungsbeschichtungsstoff nicht nennenswert beeinträchtigt werden; Fertigungsbeschichtungsstoffe werden im Allgemeinen bezüglich Schneid- und Schweißbarkeit sowie Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit zertifiziert;
- f) der bei Schweiß- oder Schneidverfahren von der Beschichtung abgegebene Rauch sollte die relevanten zulässigen Grenzwerte nicht überschreiten;
- g) die mit der Fertigungsbeschichtung versehene Oberfläche sollte ein Mindestmaß an Oberflächenvorbereitung vor dem Auftragen des Beschichtungssystems erfordern, wenn sich die Oberfläche in einem guten Zustand befindet; die erforderliche Oberflächenvorbereitung ist vor dem nachfolgenden Beschichten festzulegen;
- h) die beschichtete Oberfläche sollte zum weiteren Beschichten mit dem vorgesehenen Beschichtungssystem geeignet sein. Die Fertigungsbeschichtung sollte (im Allgemeinen) nicht als Grundbeschichtung betrachtet werden.

ANMERKUNG 1 Die Fertigungsbeschichtung ist im Allgemeinen nicht Teil des Beschichtungssystems. Es könnte notwendig sein, sie zu entfernen.

ANMERKUNG 2 Empfehlungen zum Reinigen und Vorbereiten der Oberfläche siehe ISO 12944-4.

ANMERKUNG 3 Weitere Angaben siehe EN 10238.

Tabelle F.1 — Verträglichkeit von Fertigungsbeschichtungen mit Beschichtungssystemen

Fertigungsbeschichtung		Verträglichkeit der Arten von Fertigungsbeschichtungen mit dem Grundbeschichtungsstoff von Beschichtungssystemen				
Bindemitteltyp	Korrosionsschutzpigment	AK	AY	EP ^a	PUR	Zink ESI
AK	diverse	√	√	NV	NV	NV
EP	diverse	√	√	√	√	NV
EP	Zinkstaub	NV	√	√	√	NV
ESI	Zinkstaub	NV	√	√	√	√ ^b
AY (wasserverdünnbar)	diverse	NV	√	NV	NV	NV
ANMERKUNG 1 Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1. ANMERKUNG 2 Die Formulierungen von Beschichtungsstoffen sind unterschiedlich. Es wird empfohlen, die Verträglichkeit gemeinsam mit dem Beschichtungsstoffhersteller zu prüfen. √ = Grundsätzlich verträglich NV = Grundsätzlich nicht verträglich						
^a Einschließlich Epoxidharz-Kombinationen, z. B. Kohlenwasserstoffharze. ^b Sweep-Strahlen erforderlich.						

Tabelle F.2 — Eignung von Fertigungsbeschichtungen in Kombination mit entsprechenden Beschichtungssystemen bei verschiedenen Umgebungsbedingungen

Fertigungsbeschichtung		Eignung für Umgebungsbedingungen					
Bindemitteltyp	Korrosionsschutzpigment	C2	C3	C4	C5	Eintauchen	
						ohne kathodischen Schutz	mit kathodischem Schutz
AK	diverse	√	√	√	NG	NG	NG
EP	diverse	√	√	√	√	√	√
EP	Zinkstaub	√	√	√	√	√	√
ESI	Zinkstaub	√	√	√	√	√	√
AY (wasserverdünnbar)	diverse	√	√	√	NG	NG	NG
ANMERKUNG 1 Bezüglich Abkürzungen siehe Tabelle A.1. ANMERKUNG 2 Die Formulierungen von Beschichtungsstoffen ändern sich. Es wird empfohlen, die Verträglichkeit gemeinsam mit dem Beschichtungsstoffhersteller zu prüfen. √ = Geeignet NG = Nicht geeignet							

Literaturhinweise

- [1] ISO 4628-1, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 1: General introduction and designation system*
- [2] ISO 4628-2, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 2: Assessment of degree of blistering*
- [3] ISO 4628-3, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 3: Assessment of degree of rusting*
- [4] ISO 4628-4, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 4: Assessment of degree of cracking*
- [5] ISO 4628-5, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 5: Assessment of degree of flaking*
- [6] ISO 4628-6, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 6: Assessment of degree of chalking by tape method*
- [7] ISO 8501-3, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 3: Preparation grades of welds, edges and other areas with surface imperfections*
- [8] ASTM D 6580, *Standard Test Method for the determination of metallic zinc content in both zinc dust pigment and in cured films of zinc rich coatings*
- [9] EN 10238, *Automatically blast-cleaned and automatically prefabrication-primed structural steel products*
- [10] Ole Øystein Knudsen, Trond Rogne, Torstein Røssland, “*Rapid Degradation of Painted TSA*”, Paper 04023 presented at NACE — CORROSION Conference 2004

- Entwurf -

Contents

Page

Foreword.....	v
Introduction.....	vi
1 Scope.....	1
2 Normative references.....	1
3 Terms and definitions.....	2
4 Classification of environments.....	3
5 New work and refurbishment.....	3
5.1 New work and total refurbishment.....	3
5.2 Partial refurbishment.....	4
6 Types of paint.....	4
6.1 General.....	4
6.2 Examples of generic type of paints.....	5
6.2.1 Alkyd coatings (AK).....	5
6.2.2 Acrylic coatings (AY).....	5
6.2.3 Ethyl silicate (ESI).....	5
6.2.4 Epoxy coatings (EP).....	5
6.2.5 Polyurethane coatings (PUR).....	6
6.2.6 Polyaspartic (PAS).....	6
6.2.7 Fluoropolymer and Fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE) coatings.....	6
7 Paint systems.....	7
7.1 Priming coats and type of primers.....	7
7.1.1 General.....	7
7.1.2 Types of primer.....	7
7.2 Subsequent coats.....	8
7.2.1 General.....	8
7.2.2 Intermediate coats.....	8
7.2.3 Topcoats.....	8
7.3 Dry film thickness.....	8
7.4 Durability.....	9
7.5 Shop and site application.....	9
8 Tables for protective paint systems for C2 to C5, Im1, Im2 and Im3.....	10
8.1 Reading the tables.....	10
8.2 Parameters influencing durability.....	10
8.3 Designation of the paint systems listed.....	10
8.4 Guidelines for selecting the appropriate paint system.....	10
Annex A (normative) Abbreviations and descriptions.....	12
Annex B (normative) Minimum requirements for protective systems.....	13
Annex C (informative) Paint systems for carbon steel.....	17
Annex D (informative) Paint systems on hot dip galvanized steel.....	21
Annex E (informative) Paint systems on thermal-sprayed metallic coatings.....	23
Annex F (informative) Pre-fabrication primers.....	24
Bibliography.....	26

- Entwurf -

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation on the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see the following URL: www.iso.org/iso/foreword.html

The committee responsible for this document is ISO/TC 35, *Paints and varnishes*, Subcommittee SC 14, *Protective paint systems for steel structures*.

This third edition cancels and replaces the second edition (ISO 12944-5:2007) which has been technically revised.

The main changes compared to ISO 12944-5:1997 are:

- a) Update of normative references;
- b) terms and definitions revised;
- c) standard restructured;
- d) new types of paint (PAS, FEVE) added;
- e) requirements for intermediate and topcoats added;
- f) new Annex A containing abbreviations added;
- g) New normative Annex B "Minimum requirements for protective systems" added;
- h) former Annex C deleted;
- i) former Annex D deleted;

- j) new informative Annex D "Paint systems on hot dip galvanized steel" added;
- k) new informative Annex E "Paint systems on thermal-sprayed metallic coatings" added;
- l) Bibliography added;
- m) standard editorially revised.

A list of all parts in the ISO 12944 series can be found on the ISO website.

Introduction

Unprotected steel in the atmosphere, in water and in soil is subjected to corrosion that may lead to damage. Therefore, to avoid corrosion damage, steel structures are normally protected to withstand the corrosion stresses during the required service life of the structure.

There are different ways of protecting steel structures from corrosion. ISO 12944 deals with protection by paint systems and covers, in the various parts, all features that are important in achieving adequate corrosion protection. Other measures are possible, but require particular agreement between the interested parties.

In order to ensure effective corrosion protection of steel structures, it is necessary for owners of such structures, planners, consultants, companies carrying out corrosion protection work, inspectors of protective coatings and manufacturers of coating materials to have at their disposal state-of-the-art information in concise form on corrosion protection by paint systems. Such information has to be as complete as possible, unambiguous and easily understandable to avoid difficulties and misunderstandings between the parties concerned with the practical implementation of protection work.

The ISO 12944 series is intended to give this information in the form of a series of instructions. It is written for those who have some technical knowledge. It is also assumed that the user of ISO 12944 is familiar with other relevant International Standards, in particular those dealing with surface preparation, as well as relevant national regulations.

Although ISO 12944 does not deal with financial and contractual questions, attention is drawn to the fact that, because of the considerable implications of inadequate corrosion protection, non-compliance with requirements and recommendations given in this series of International Standards can result in serious financial consequences.

ISO 12944-1 defines the overall scope of all parts of ISO 12944. It gives some basic terms and definitions and a general introduction to the other parts of ISO 12944. Furthermore, it includes a general statement on health, safety and environmental protection, and guidelines for using ISO 12944 for a given project.

This part of ISO 12944 gives some terms and definitions related to paint systems in combination with guidance for the selection of different types of protective paint system.

Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems

1 Scope

This International Standard describes the types of paint and paint system commonly used for corrosion protection of steel structures.

It also gives guidelines for the selection of paint systems available for different environments (see ISO 12944-2 except for corrosivity category CX and category Im4 as defined in ISO 12944-2) and different surface preparation grades (see ISO 12944-4), and the durability grade to be expected (see ISO 12944-1).

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods*

ISO 2063, *Thermal spraying — Metallic and other inorganic coatings — Zinc, aluminium and their alloys*

ISO 2808, *Paints and varnishes — Determination of film thickness*

ISO 3549, *Zinc dust pigments for paints — Specifications and test methods*

ISO 8501-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings*

ISO 8503-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces*

ISO 12944-1, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 1: General introduction*

ISO 12944-2, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 2: Classification of environments*

ISO 12944-6, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 6: Laboratory performance test*

ISO 19840, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 12944-1 and the following apply.

3.1

compatibility

⟨for products within a paint system⟩ ability of two or more products to be used together successfully as a paint system without causing undesirable effects

3.2

priming coat

first coat of a paint system

3.3

intermediate coat

any coat between the priming coat and the topcoat

3.4

tie coat

coat designed to improve intercoat adhesion and/or avoid certain defects during application

3.5

topcoat

final coat of a coating system

3.6

primer

paint that has been formulated for use as a priming coat on prepared surfaces

3.7

pre-fabrication primer

fast-drying paint that is applied to blast-cleaned steel to provide temporary protection during fabrication while still allowing welding and cutting

Note 1 to entry: In many languages, the term pre-fabrication primer does not have the same meaning as in English.

3.8

dry film thickness

DFT

thickness of a coating remaining on the surface when the coating has hardened/cured

3.9

nominal dry film thickness

NDFT

dry film thickness specified for each coat or for the whole paint system

3.10

maximum dry film thickness

highest acceptable dry film thickness above which the performance of the paint or the paint system could be impaired

3.11

pot life

maximum time, at any particular temperature, during which a coating material supplied as separate components can successfully be used after they have been mixed together

3.12

shelf life

time during which a coating material will remain in good condition when stored in its original sealed container under normal storage conditions

Note 1 to entry: The expression “normal storage conditions” is usually understood to mean storage between +5 °C and +30 °C.

4 Classification of environments

The following five atmospheric corrosivity categories are relevant for this part of ISO 12944:

- C1 very low;
- C2 low;
- C3 medium;
- C4 high;
- C5 very high.

The atmospheric environments defined in ISO 12944-2 are considered, except corrosivity category CX. Systems for offshore-CX environments are described in ISO 12944-9. For other CX environments, individual systems needs to be defined according to the special needs of that environment.

The following three categories for water and soil are relevant for this part of ISO 12944:

- Im1 immersion in fresh water;
- Im2 immersion in sea or brackish water;
- Im3 buried in soil.

The immersed environments defined in ISO 12944-2 are considered, except category Im4. Systems for offshore, related structures and Im4 environments are described in ISO 12944-9.

5 New work and refurbishment

5.1 New work and total refurbishment

The surfaces to be coated encountered in new structures are carbon steel of rust grade A, B and C as defined in ISO 8501-1, as well as hot dip galvanized steel and thermal-sprayed metallic coating (see ISO 12944-1). Possible surface preparation is described in ISO 12944-4. The substrate and the recommended surface preparation grade are given in table B.2. The quality of surface preparation is essential for the durability of a coating system. The paint systems listed in Annex C, Annex D and Annex E are typical examples of systems used in the environments listed in clause 4 when applied to steel surfaces with rust grades A to C, as defined in ISO 8501-1, or to hot dip galvanized steel or thermal-sprayed metallic coating. Where the steel has deteriorated to the extent that pitting corrosion has taken place (rust grade D in ISO 8501-1), the dry film thickness or the number of coats shall be increased to compensate for the increased surface roughness, and the paint manufacturer should be consulted for recommendations.

In principle, no corrosion protection is required for corrosivity category C1. If, for aesthetic reasons, painting is necessary, a system intended for corrosivity category C2 (with a low durability) may be chosen.

If unprotected steelwork destined for corrosivity category C1 is initially transported, stored temporarily or assembled in an exposed situation (for example, a C4/C5 coastal environment), corrosion will commence due to air-borne contaminants/salts and will continue even when the steelwork is moved to its final category C1 location. To avoid this problem, the steelwork should either be protected during site storage or given a suitable primer coat. The dry film thickness should be appropriate for the expected storage time and the severity of the storage environment.

5.2 Partial refurbishment

Systems for partial refurbishment should be specified and agreed separately for every object between the interested parties. The paint systems listed in Annex C,D and E may be used, if they are suitable. In special cases systems defined in the previous edition of this standard (e.g. PVC based coatings) may be used for repair works.

The necessary surface preparation of any old coating and the compatibility of the coating system to be applied should be tested in an appropriate manner before starting the repair works.

Test areas may be prepared to check the manufacturer's recommendations and/or compatibility with the previous paint system.

6 Types of paint

6.1 General

Based on the corrosivity category, various examples of paint systems are given in Tables C.1 to C.6, Table D.1 and Table E.1 in relation to the expected durability, which is informative in nature. The systems have been included because of their proven track record, but the list is not intended to be exhaustive and other similar systems are also acceptable. Only the generic types of binders mentioned in the systems in Tables C.1 to C.6, Table D.1 and Table E.1) are described in this clause, but as these are only examples, other generic types of coatings can be used as well.

In addition, new technologies are continually being developed, often driven by government legislation, and these should always be considered where appropriate and where performance has been validated by

- a) the track record of such technologies and/or
- b) the results of testing at least in accordance with ISO 12944-6.

NOTE 1 Information given in 6.2 concerns only the chemical and physical properties of paints and not the way they are used. Variations can be expected for each type of paint, depending on its formulation.

6.2 Examples of generic type of paints

6.2.1 Alkyd coatings (AK)

In these single pack paints, the film hardens/forms by evaporation of solvent and/or water, followed by reaction of the binder with oxygen from the atmosphere.

6.2.2 Acrylic coatings (AY)

Acrylic coatings are single pack coatings, water-borne and solvent-borne types are available. The film of solvent-borne acrylic coatings dries by solvent evaporation with no other change of form, i.e. the process is reversible and the film can be re-dissolved in the original solvent at any time. In water-borne acrylic coatings the binder is dispersed in water. The film hardens by evaporation of water and coalescence of the dispersed binder to form a film. The process is irreversible, i.e. this type of coating is not re-dispersible in water after drying.

The drying time will depend, among other things, on air movement, relative humidity and temperature.

6.2.3 Ethyl silicate (ESI)

Ethyl silicate zinc primers are provided as single or two pack materials. Their films dry/form by solvent evaporation and chemical curing by reacting with moisture from the air. Two pack coatings consist of a liquid (containing binder) and a powder (containing Zinc dust) component. The mixture of liquid and powder has a limited pot life.

The drying time will depend, amongst other things, on temperature, air movement, humidity and film thickness. The lower the relative humidity, the slower the curing will be.

It is important that the paint manufacturer's instructions regarding the limits for relative humidity and wet and dry film thickness are complied with in order to avoid bubbles, pinholes or other defects in the coating. Especially limitations on NDFT have to be considered, due to risk of cracking in case of exceeding the limits.

6.2.4 Epoxy coatings (EP)

Epoxy coatings are two pack materials. The paint film dries by evaporation of solvents, if present, and cures by a chemical reaction between a base and a curing agent component. The mixture of base and curing agent has a limited pot-life (see 3.11).

The binders in the base component are polymers having epoxy groups, e. g. epoxy, epoxy vinyl/epoxy acrylic or epoxy combinations (e.g. epoxy hydrocarbon resins).

The curing agent component can consist of e.g. polyamines, polyamides or adducts.

The drying time will depend, amongst other things, on air movement and on the temperature.

Formulations can be solvent-borne, water-borne or solvent-free.

Most epoxy coatings chalk when exposed to sunlight. If colour or gloss retention is required, the topcoat should be an aliphatic polyurethane (see 6.2.5) or a suitable single pack acrylic coating (see 6.2.2)

6.2.5 Polyurethane coatings (PUR)

The film of single pack polyurethane coatings dries initially by solvent evaporation (where solvent is present) followed by a chemical reaction with moisture from the air. The process is irreversible, meaning that the film cannot be dissolved in the original solvent. Aromatic as well as aliphatic types of polyurethane coatings are available. Aromatic types are not recommended for top coats, as they tend to chalk.

The paint film of two pack polyurethane coatings dries by evaporation of solvents, if present, and cures by a chemical reaction between a base and a curing agent component. The mixture of base and curing agent has a limited pot-life (see 3.11).

The binders of the base component are polymers with free hydroxyl groups which react with suitable isocyanate curing agents, e.g. polyester, acrylic, epoxy, polyether, fluoro resin. They can be combined with non-reactive binders, e.g. hydrocarbon resins.

The curing agent component contains an aromatic or aliphatic polyisocyanate.

The drying time will depend, among other things, on air movement, relative humidity and temperature.

6.2.6 Polyaspartic (PAS)

The paint film of two pack polyaspartic coatings dries by evaporation of solvents, if present, and cures by a chemical reaction between a base and a curing agent component. The mixture of base and curing agent has a limited pot life (see 3.11).

The process is irreversible, meaning that the film cannot be dissolved in the original solvent. The binders of the base component are aminofunctional aspartates which react with suitable polyisocyanates. They can be combined with non-reactive binders, e.g. hydrocarbon resins. The curing agent component contains an aliphatic polyisocyanate. Aliphatic polyisocyanate cured products have excellent gloss-retention and colour-retention properties, if combined with a suitable base component.

The drying time will depend, among other things, on air movement, relative humidity and temperature.

6.2.7 Fluoropolymer and Fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE) coatings

Fluoropolymer coatings are two pack, and both water-borne and solvent-borne types are available. The paint film of solvent-borne fluoropolymer coatings dries by solvent evaporation and cures by a chemical reaction between a base resin and a curing component. FEVE coatings have for some time been used as solvent borne, ambient curable coating raw materials cross-linked with isocyanate hardener. They can also be cured at high temperatures with blocked isocyanate or melamine hardeners.

FEVE coatings are extremely durable among existing coatings in weathering condition.

The resin of the base component is fluoropolymer with free hydroxyl groups which react with suitable isocyanate curing agents as polyurethane. Aliphatic isocyanate-cured products have excellent gloss-retention.

The FEVE polymer structure consists almost entirely of regularly alternating fluoro-olefin and vinyl ether segments. While FEVE resins derive durability from the strong C-F bonds, the regularly alternating sequence is the main reason for the high level of durability in weathering compared with conventional polymers like acrylics.

The bond energies found in the alternating copolymer of the FEVE resin are higher than that in natural UV light. This makes the fluoropolymer difficult to decompose by natural UV radiation.

When UV radiation decomposes a chemical bond, free radicals are formed. These free radicals can initiate degradation of other coating components, including the reacted resin, pigments, and other additives. It is very difficult to generate these free radicals in the FEVE resin. Therefore, the degradation of the crosslinked FEVE coating, which contains several types of chemical bonds, is more difficult than in common polymers like standard polyurethanes and acrylics.

7 Paint systems

7.1 Priming coats and type of primers

7.1.1 General

As the first coat of coating systems priming coats shall provide adhesion to sufficiently roughened, cleaned metal. The priming coat shall also provide adhesion to the subsequent coats.

In Tables C.1 to C.6 and D.1 coating systems with a minimum of one coat are described. In these cases the priming coat shall act as a topcoat too.

7.1.2 Types of primer

Tables C.1 to C.6 give information on the type of primer to be used. For the purposes of this part of ISO 12944, two main categories of primer are defined according to the type of pigment they contain:

- Zinc-rich primers, Zn (R), are those in which the zinc dust pigment content of the paint is equal to or greater than 80 % by mass in dry film.
- Other primers (misc.) are all other categories of primers.

For pre-fabrication primers, see Annex F.

The zinc dust pigment shall comply with ISO 3549.

NOTE 1 Due to the potentially high margin of error in ASTM D6580 laboratory determination of metallic zinc content in zinc primers; it will be acceptable for paint manufacturers to declare the theoretical zinc dust content based on formulation. This can be confirmed between partners by declaration of formulation (in confidence) or by audit.

NOTE 2 The value of 80 % zinc dust by mass in the dry film for zinc-rich primers Zn (R) is the basis for the durability given for the paint systems in the tables. Some countries have national standards with a minimum content of zinc dust for zinc-rich primers Zn (R) higher than 80 %.

7.2 Subsequent coats

7.2.1 General

Tables C.1 to C.6, D.1 and E.1 give information on the generic types of subsequent coats if the number of coats is higher than 1. For a better readability of the Tables C.1 to C.6, D.1 and E.1 the term subsequent coats was introduced. It summarizes all additional coats as intermediates and topcoats applied on the primer.

7.2.2 Intermediate coats

Intermediate coats are used in paint systems with 3 or more coats between the primer and the topcoat mainly as a barrier for, corrosive media.

7.2.3 Topcoats

Topcoats as the last coat in a paint system are ruling the design of a steel construction. Gloss and colour retention and the resistance to chemicals have to be considered in selecting the binder type. 4.2 gives information on the generic types of paint mentioned in Annexes B to E.

7.3 Dry film thickness

The film thicknesses indicated in Tables B.2 to B.5 are nominal dry film thicknesses (see 3.9). Dry film thicknesses (see 3.8) are generally checked on the complete paint system. Where judged appropriate, the dry film thickness of the priming coat or of other parts of the paint system may be measured separately.

NOTE Depending on the instrument calibration, measurement method and dry film thickness, the roughness of the steel surface will have a different degree of influence on the measurement result.

The method and procedure for checking the thicknesses of dry films on rough surfaces shall be in accordance with ISO 19840, and for hot dip galvanized surfaces in accordance with ISO 2808, unless otherwise agreed between the interested parties.

Acceptance criteria, as stated in ISO 19840 shall apply unless otherwise agreed.

Care shall be taken to achieve the dry film thickness and to avoid areas of excessive thickness. It is recommended that the maximum dry film thickness (see 3.10) (individual value) is not greater than three times the nominal dry film thickness. In cases when the dry film thickness is greater than the maximum dry film thickness, expert agreement shall be found between the parties. For some products or systems, there is a critical maximum dry film thickness. Information given in the paint manufacturer's technical data sheet shall apply to such products or systems.

The number of coats and the nominal dry film thicknesses quoted in Annex B are based on the use of airless spray application. Application by roller, brush or conventional spraying equipment will normally produce lower film thicknesses, and more coats will be needed to produce the same dry film thickness for the system. Consult the paint manufacturer for more information.

7.4 Durability

Definitions of durability and of durability ranges are given in ISO 12944-1.

The durability of a protective paint system depends on several parameters, such as:

- the type of paint system;
- the design of the structure;
- the condition of the substrate before preparation;
- the surface preparation grade;
- the quality of the surface preparation work;
- the condition of any joints, edges and welds before preparation;
- the standard of the application work;
- the conditions during application;
- the exposure conditions after application.

The condition of an existing paint coating can be assessed by the use of ISO 4628-1, ISO 4628-2, ISO 4628-3, ISO 4628-4, ISO 4628-5 and ISO 4628-6, and the effectiveness of surface preparation work can be assessed using ISO 8501-1 and ISO 8501-3.

Recommendations regarding the first major maintenance are given in ISO 12944-1.

7.5 Shop and site application

To ensure maximum performance of a paint system, the majority of the coats of the system or, if possible, the complete system, should preferably be applied in the shop. The advantages and disadvantages of shop application are as follows.

Advantages

- a) Better control of application
- b) Controlled temperature
- c) Controlled relative humidity
- d) Easier to repair damage
- e) Greater output
- f) Better waste and pollution control

Disadvantages

- a) Possible limitation of the size of the building components
- b) Possibility of damage due to handling, transport and erection
- c) Maximum overcoating time could be exceeded if subsequent coats are applied on site
- d) Possible contamination of the last coat

After completion of fabrication on site, any damage shall be repaired in accordance with the specification.

NOTE Places where repairs have been carried out will always remain more or less visible. This is one reason why it is better to put a topcoat over the whole surface on site when aesthetic aspects are important.

Site application of the coating system will be strongly influenced by the daily weather conditions, which will also have an influence on the expected lifetime.

If preloaded bearing-type connections are to be painted, paint systems shall be used which do not lead to an unacceptable decrease in the preloading force. The paint systems selected and/or the precautions taken for such connections will depend on the type of structure and on subsequent handling, assembly and transportation.

8 Tables for protective paint systems for C2 to C5, Im1, Im2 and Im3

8.1 Reading the tables

The tables given in Annex C to E give **examples** of paint systems for different environments. The shading used in alternate lines is there purely for ease of reading. The paints used for all these systems shall be suitable for the highest corrosion stress of the given corrosivity or immersion category. The specifier shall ensure that documentation, or a statement from the paint manufacturer, is available confirming the suitability or the durability of a paint system for use in a given corrosivity or immersion category.

NOTE The paint systems listed have been chosen as “typical systems”. This has led to some systems being listed that are not necessarily typical or available in some countries. It has been concluded, however, that a simple overview cannot be given, nor can all options be covered.

8.2 Parameters influencing durability

In practice, some systems have a proven durability much longer than 25 years. Increasing the film thickness will increase its barrier properties but may above a certain level be negative due to worsened mechanical properties and increased solvent retention. Increasing the number of separate coats may decrease the internal stresses caused by solvent evaporation. Also variations in film thickness caused by overspray tend to decrease by an increased number of coats. In addition, the choice of a system designed for a corrosivity category “higher” than the one envisaged will provide higher durability when such a system is used in a lower-corrosivity environment.

During their specified shelf life (see 3.12), paints can be used without their age having any influence on application of the paint or on the performance of the resulting coating.

8.3 Designation of the paint systems listed

A paint system given in Tables C.1 to C.6. and Table E.1 is designated by its system number given in the left-hand column in each table. The designation shall be given in the following form (example taken from Table C.1 for paint system No. C2.08): **ISO 12944-5/C2.08**.

In cases where coats with different binders are given under one and the same paint system number, the designation shall include the binder used in the priming coat(s) and that used in the subsequent coat(s) and shall be given in the following form (example taken from Table C.1 for paint system No. C2.06): **ISO 12944-5/C2.06-EP/PUR**.

If a paint system cannot be allocated to one of the systems listed in Tables C.1 to C.6, D.1 and E.1 full information regarding surface preparation, generic type, number of coats, nominal dry film thickness, etc., shall be given in the same way as indicated in the tables.

8.4 Guidelines for selecting the appropriate paint system

- Determine the corrosivity category of the environment (macroclimate) where the structure will be located (see ISO 12944-2).

- Establish whether special conditions (microclimate) exist which can result in a higher corrosivity category (see ISO 12944-2).
- Look in Annexes B to E for the relevant table. Annex B establishes a set of minimum requirements for protective systems in the various corrosivity and immersion categories and durabilities. Tables C.1 to C.6, D.1 and Table E.1 give proposals for different generic types of paint system for corrosivity categories C2 to C5 and Im1 to Im3.
- Identify in the table paint systems with the required durability.
- Consult the paint manufacturer in order to confirm the choice and to determine what commercially available paint system(s) correspond to the paint system selected.

Annex A (normative)

Abbreviations and descriptions

Table A.1 gives an overview on abbreviations and descriptions.

Table A.1 — Abbreviations and descriptions

Row	Abbreviation	Description			
Type of primer	Zn(R)	Zinc-rich primer, see 5.2 for further details. The usual nominal dry film thickness varies from 40 µm up to 80 µm.			
	Misc.	All other categories of primers			
Binder base for primers and subsequent coats		Main binder	Type	Water-borne possible	Additional remarks
	AK	Alkyd	single pack	X	
	AY	Acrylic	single pack	X	Usually waterborne
	EP	Epoxy	two pack	X	UV-resistance
	PUR	Polyurethane	single or two pack	X	Only aliphatic types for topcoats
	ESI	Ethyl silicate	single or two pack		Only for primers. It is recommended to use a tie coat compatible with the next subsequent coat
	C2 to C5	Corrosivity categories, see ISO 12944-2			
	NDFT	Nominal dry film thickness. See 7.3 for further details.			
	MNOC	Minimum number of coats. Depending on the coating material, the application method and the design of the parts, it may be necessary to apply a higher number of coats.			

Detailed examples for protective paint systems in different corrosivity categories and durabilities are given in Annexes C to E.

Annex B (normative)

Minimum requirements for protective systems

Table B.1 to Table B.5 describe the minimum requirements (surface preparation, minimum number of coatings and the NDFT) of protective coating systems for the given durabilities and corrosivity/immersion categories on carbon steel, hot dip galvanized steel and thermal-sprayed metallic coating.

Proper surface preparation is one of the preconditions for a long lasting protective coating system. The classification of the coating systems is based on the minimum requirement for surface preparation described in the Table B.1. If not otherwise specified in the technical data sheets of the coatings, these preparation-grades should be a minimum requirement for surface preparation.

Table B.1 — Surface preparation

Substrate	Minimum preparation grade (if not otherwise specified)	First layer of protective system
Carbon steel rust grades A, B, C or D ^a according to ISO 8501-1	Sa 2½ according to ISO 8501-1 medium (G) according to ISO 8503-1	Zn(R) primer
	Sa 2½ according to ISO 8501-1 additional information should be given in the technical data sheets	Miscellaneous primer
	according to ISO 2063	Thermal-sprayed metallic coating and sealer (according to ISO 2063)
^a For rust grade D special care is needed to ensure proper surface preparation.		

The minimum required surface preparation for hot dip galvanized steel according to ISO 1461 is sweep blasting (see ISO 12944-4), if not otherwise specified.

NOTE Other criteria are also important such as water soluble salts, dust, oil, grease, etc.

The minimum coating NDFTs as stated in Tables B.2 to B.5 for guidance in specific circumstances might not be appropriate to the end use. Increased DFTs might be necessary.

The number of coats and the nominal dry film thicknesses quoted in Tables B.2 to B.5 are based on the use of airless spray application. Application by roller, brush or conventional spraying equipment will normally produce lower film thicknesses, and more coats will be needed to produce the same dry film thickness for the system. Consult the paint manufacturer for more information.

New innovative coating technologies when available may provide equivalent corrosion protection at lower NDFT and/or reduced MNOC compared to the current coating technologies covered in this standard (Table B.2 to Table B.5). The same applies to proven systems that have been performing well over a long field experience period despite not fulfilling the requirements concerning minimum

number of coats and minimum dry film thickness. Performance of these new coating technologies should be proven by a combination of experience (field applications which are periodically evaluated and product development trials.) and laboratory testing according to ISO 12944-6 which should be carried out and reported by an independent test laboratory. Extended test durations from those stated in ISO 12944-6 could be used to further demonstrate performance; a well-established proven coating system appropriate to the intended end use should be used as a reference to compare performance. It is accepted that for new technologies long track record may not be available however performance data from harsher environments and shorter durations may also be useful in establishing a coating systems fitness for use.

In the case of proven systems not fulfilling the minimum number of coats and/or minimum dry film thickness, field performance evidence shall be documented with application and inspection data on field exposed steel structures, respectively at the moment of application and after a number of years exposed in a known corrosivity environment (as defined in this standard). Claims on durability expectation (L, M, H, VH as defined in this standard) can only be made according with the number of years of proven performance according to the criteria agreed between the parties.

Table B.2 — Summary of the minimum number of coats and NDFT of the paint system depending on durability and corrosivity on abrasive blasted steel substrates

Durability		Low (l)			Medium (m)			High (h)			Very high (vh)		
Type of primer		Zn(R)	Misc.		Zn(R)	Misc.		Zn(R)	Misc.		Zn(R)	Misc.	
Binder base of primer		ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY
Binder base of subsequent coats		EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY
C2	MNOC	a			-	-	1	1	1	1	2	2	2
	NDFT				-	-	100	60	120	160	160	180	200
C3	MNOC	-	-	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	NDFT	-	-	100	60	120	160	160	180	200	200	240	260
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	-
	NDFT	60	120	160	160	180	200	200	240	260	260	300	-
C5	MNOC	2	2	-	2	2	-	3	2	-	3	3	-
	NDFT	160	180	-	200	240	-	260	300	-	320	360	-

NOTE 1 The abbreviations are described in Table A.1. For single coats the binder base of the primer is recommended.

NOTE 2 In addition to polyurethane binders other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [Fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].

^a If coating is desired, use a system from higher corrosivity category or durability, e.g. C2 high or C3 medium.

Detailed examples for protective paint systems in different corrosivity categories and durabilities are given in Annex C, Tables C.1 to C.6.

Table B.3 — Summary of the MNOC and NDFT of the paint system depending on corrosivity on hot dip galvanized steel according to ISO 1461

Durability		Low (l)		Medium (m)		High (h)		Very high (vh)	
Binder base of primer		EP, PUR	AY	EP, PUR	AY	EP, PUR	AY	EP, PUR	AY
Binder base of subsequent coats		EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY
C2	MNOC	a		a		1	1	1	2
	NDFT					80	80	120	160
C3	MNOC	a		1	1	1	2	2	2
	NDFT			80	80	120	160	160	200
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	
	NDFT	80	80	120	160	160	200	200	
C5	MNOC	1	2	2	2	2		2	
	NDFT	120	160	160	200	200		240	

NOTE 1 The abbreviations are described in Table A.1. For single coats the binder base of the primer is recommended.

NOTE 2 In addition to polyurethane binders other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer (Fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)).

NOTE 3 The durability is in this case related to the paint system adhesion to the hot dip galvanized surface. In case of damaged paint system the remaining hot dip galvanized layer delivers further protection to the steel.

^a If coating is desired, use a system from higher corrosivity categories or durability, e.g. C2 high or C3 medium.

Detailed examples for protective systems in different corrosivity categories and durabilities are given in Table D.1

Table B.4 — Summary of the minimum number of coats and NDFT of the paint system depending on durability and corrosivity on thermal-sprayed metallic coating.

Durability		High (h)	Very high (vh)
Binder base of subsequent coats		EP, PUR	EP, PUR
C4	MNOC	2	2
	NDFT	160	200
C5	MNOC	2	2
	NDFT	200	240

NOTE 1 For abbreviations see Table A.1.

NOTE 2 Special care should be taken when overcoating thermal-sprayed aluminium in a chloride environment as premature failure have been documented. See also [22].

Table B.5 — Summary of the MNOC and NDFT of the paint systems for carbon steel for four immersion categories of three different corrosivities

Durability	High (h)			Very high (vh)		
Type of primer	Zn(R)	Misc.	—	Zn(R)	Misc.	—
Binder base of primer	ESI, EP, PUR	EP, PUR	—	ESI, EP, PUR	EP, PUR	—
Binder base of subsequent coats	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR	EP, PUR
MNOC	2	2	1	2	2	1
NDFT	360	380	400	500	540	600
NOTE For abbreviations see Table A.1.						

Detailed examples for protective systems in different corrosivity categories and durabilities are given in Table C.4.

Annex C (informative)

Paint systems for carbon steel

Following the requirements in Annex B specific formulations for paint systems for carbon steel have been proven in practice by a combination of field experience and laboratory testing according to ISO 12944-6. General generic examples whose specific formulations may not have been tested are given in Tables C.1 to C.6. Other paint systems having the same performance are possible. If these examples are used, it shall be ensured that the paint systems chosen comply with the indicated durability when execution of the paint work takes place as specified. See also 7.4.

The coating system numbers consists of the corrosivity category and a sequential number. Due to the individual and extreme type of corrosive stress defined in corrosivity category CX, no general recommendations for paint systems can be given. Suitable paint systems and assessment criteria for CX have to be specified by the contractors.

Table C.1 — Paint systems for carbon steel for corrosivity category C1

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder	Type of primer	No. of coats	NDFT in µm	Binder type	Total no. of coats	NDFT in µm	I	m	h	vh
For C.1 any system used for a higher corrosivity category, preferably for C2, may be used.											

Table C.2 — Paint systems for carbon steel for corrosivity category C2

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder	Type of primer	No. of coats	NDFT in µm	Binder type	Total no. of coats	NDFT in µm	I	m	h	vh
C2.01	AK, AY	Misc.	1	40 to 80	AK, AY	1-2	80				
C2.02	AK, AY	Misc.	1	40 to 100	AK, AY	1-2	100				
C2.03	AK, AY	Misc.	1	60 to 160	AK, AY	1-2	160				
C2.04	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-3	200				
C2.05	EP, PUR, ESI	Misc.	1	60 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
C2.06	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 100	EP, PUR, AY	2	180				
C2.07	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60	—	1	60				
C2.08	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160				
NOTE For abbreviations see Table A.1.											

Table C.3 — Paint systems for carbon steel for corrosivity category C3

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in μm	Binder type	Total no. of coats	NDFT in μm	l	m	h	vh
C3.01	AK, AY	Misc.	1	80 to 100	AK, AY	1-2	100				
C3.02	AK, AY	Misc.	1	60 to 160	AK, AY	1-2	160				
C3.03	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-3	200				
C3.04	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-4	260				
C3.05	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
C3.06	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180				
C3.07	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240				
C3.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60				
C3.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160				
C3.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200				
NOTE For abbreviations see Table A.1.											

Table C.4 — Paint systems for carbon steel for corrosivity category C4

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in μm	Binder type	Total no. of coats	NDFT in μm	l	m	h	vh
C4.01	AK, AY	Misc.	1	60 to 160	AK, AY	1-2	160				
C4.02	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-3	200				
C4.03	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-4	260				
C4.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
C4.05	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180				
C4.06	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240				
C4.07	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 240	EP, PUR, AY	2-4	300				
C4.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60				
C4.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160				
C4.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200				
C4.11	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	260				
NOTE For abbreviations see Table A.1.											

Table C.5 — Paint systems for carbon steel for corrosivity category C5

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in μm	Binder type	Total no. of coats	NDFT in μm	l	m	h	vh
C5.01	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180				
C5.02	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240				
C5.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 240	EP, PUR, AY	2-4	300				
C5.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 200	EP, PUR, AY	3-4	360				
C5.05	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160				
C5.06	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200				
C5.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	260				
C5.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	320				
NOTE For abbreviations see Table A.1.											

**Table C.6 — Paint systems for carbon steel for immersion categories
Im1, Im2 and Im3**

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NFTD in µm	Binder type	Total no. of coats	NFTD in µm	I	m	h	vh
I.01	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR	2-4	360				
I.02	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR	2-5	500				
I.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80	EP, PUR	2-4	380				
I.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80	EP, PUR	2-4	540				
I.05			—	—	EP, PUR	1-3	400				
I.06			—	—	EP, PUR	1-3	600				

NOTE 1 Water-borne products are not yet suitable for immersion.

NOTE 2 Depending on mechanical and abrasive loads the NFTD of the systems may need to be increased to assure the durability. For abrasive loads NFTD of up to 1 000 µm are recommended, for extreme abrasive loads even up to 2 000 µm.

NOTE 3 The immersion categories deal with external exposure only. Confined spaces and tank internals are outside the scope of this part of ISO 12944 (see ISO 12944-2).

NOTE 4 For abbreviations see Table A.1.

Annex D (informative)

Paint systems on hot dip galvanized steel

Following the requirements in Annex B specific formulations for paint systems on hot dip galvanized steel according to ISO 1461 have been proven in practice by a combination of field experience and laboratory testing according to ISO 12944-6. General generic examples whose specific formulations may not have been tested are given in Table D.1.

Other paint systems having the same performance are possible. If these examples are used, it shall be ensured that the paint systems chosen comply with the indicated durability when execution of the paint work takes place as specified. See also 7.4.

The coating system numbers consists of the leading letter “G”, the number of the corrosivity category and a sequential number. Due to the individual and extreme type of corrosive stress defined in corrosivity category CX, no general recommendations for paint systems can be given. Suitable paint systems and assessment criteria for CX have to be specified by the contractors.

Table D.1 — Paint systems for hot dip galvanized steel for corrosivity categories C2 to C5

System No.	Corrosivity category	Priming coat			Subsequent coat(s)	Paint system		Durability ^a			
		Binder type	No. of coats	NDFT in µm		No. of coats	NDFT in µm	l	m	h	vh
G2.01	C2	EP, PUR, AY	1	80		1	80				
G2.02		AY	1	80	AY	2	160				
G2.03		EP, PUR	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
G3.01	C3	EP, PUR, AY	1	80		1	80				
G3.02		EP, PUR	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
G3.03		AY	1	80	AY	2	160				
G3.04		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2	160				
G3.05		AY	1	80	AY	2-3	200				
G4.01	C4	EP, PUR, AY	1	80		1	80				
G4.02		EP, PUR	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120				
G4.03		AY	1	80	AY	2	160				
G4.04		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2	160				
G4.05		AY	1	80	AY	3	200				
G4.06		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2-3	200				

Table D.1 (continued)

System No.	Corrosivity category	Priming coat(s)			Subsequent coat(s)	Paint system		Durability ^a			
		Binder type	No. of coats	NDFT in µm	Binder type	No. of coats	NDFT in µm	l	m	h	vh
G5.01	C5	EP, PUR	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1 to 2	120				
G5.02		AY	1	80	AY	2	160				
G5.02		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2	160				
G5.03		AY	1	80	AY	3	200				
G5.04		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2 to 3	200				
G5.05		EP, PUR	1	80	EP, PUR, AY	2 to 3	240				
^a The durability is in this case related to the paint system adhesion to the hot dip galvanized surface. In case of damaged paint system the remaining hot dip galvanized layer delivers further protection to the steel.											
NOTE For abbreviations see Table A.1.											

The use of hot dip galvanized steel for immersion service is possible but special care is needed before confirming suitability. Overcoating hot dip galvanized surfaces does not automatically prevent early failure causes and, in some situations, can contribute further to premature breakdown of the protective system. Choosing to specify top coats over hot dip galvanized surfaces in immersion shall be decided in a case to case base after strict evaluation of risk factors and deciding based in solid track record of specific coating systems over the same substrate and for the same type of immersion conditions (water type, temperature, flow, pH, hardness, etc.).

Annex E (informative)

Paint systems on thermal-sprayed metallic coatings

Following the requirements in Annex B specific formulations for paint systems on thermal-sprayed metallic coatings have been proven in practice by a combination of field experience and laboratory testing according to ISO 12944-6..

Table E.1 —Paint systems on thermal-sprayed metallic coatings for corrosivity categories C4 and C5

System No.	Corrosivity category	Sealer coat			Subsequent coat(s)	Paint system		Durability	
		Binder type	No. of coats	NDFT in µm		No. of coats	NDFT in µm	h	v h
TSM 4.01	C4	EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	160		
TSM 4.02		EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	200		
TSM 5.01	C5	EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	200		
TSM 5.02		EP, PUR	1	NA	EP, PUR	2	240		

NA = Not applicable

NOTE 1 For abbreviations see Table A.1.

NOTE 2 The sealer shall fill the metal pores. It shall be applied until absorption is complete. There should not be measurable overlay of sealer on the metallic coating after application.

NOTE 3 Systems in corrosion category C2 and C3 are only considered relevant where special stresses are present in form of high mechanical or thermal impact. Use DFT as for the relevant system for carbon steel.

Note 4 Special care should be taken when overcoating thermal-sprayed aluminium in a chloride environment as premature failure have been documented. See also [4].

The use of paint systems on thermal-sprayed metallic coatings for immersion service is possible but special care is needed before confirming suitability. Overcoating thermal-sprayed metallic coatings does not automatically prevent early failure causes and, in some situations, can contribute further to premature breakdown of the protective system. Choosing to specify top coats over thermal-sprayed metallic coatings in immersion shall be decided in a case to case base after strict evaluation of risk factors and deciding based in solid track record of specific coating systems over the same substrate and for the same type of immersion conditions (water type, temperature, flow, pH, hardness, etc.).

Annex F (informative)

Pre-fabrication primers

Pre-fabrication primers are applied as thin films to freshly blast-cleaned steel to provide temporary corrosion protection during the period of fabrication, transportation, erection and storage of the steel structure. The pre-fabrication primer is then overcoated with a final paint system which normally includes a further priming coat. The compatibility of several generic types of pre-fabrication primer with primers of various paint systems is indicated in Table F.1 and the suitability of the same pre-fabrication primers in various exposure conditions, when used with a related paint system, is indicated in Table F.2.

Pre-fabrication primers should have the following properties.

- a) They should be suitable for spray application to produce an even coating of usually 15 µm to 30 µm dry film thickness.
- b) They should dry very quickly. Priming is normally carried out in line with an automatic blast-cleaning unit which can process the products at a line speed of 1 m to 3 m per minute.
- c) The mechanical properties of the coat obtained should be adequate to permit normal handling techniques involving roll beds, magnetic cranes, etc.
- d) The coating obtained should provide protection for a limited period.
- e) Normal fabrication procedures such as welding or gas cutting should not be significantly impeded by the pre-fabrication primer. Pre-fabrication primers are normally certified with regard to cutting and welding quality and health and safety.
- f) The fumes emitted from the primer during welding or cutting operations should not exceed the relevant occupational-exposure limits.
- g) The coated surface should require a minimum of surface preparation before the application of the paint system, provided that the surface is in a good condition. The surface preparation required will have to be determined before subsequent painting starts.
- h) The coated surface should be suitable for overcoating with the intended paint system. The coat should not (normally) be considered as a priming coat.

NOTE 1 Normally, the pre-fabrication primer is not a part of the paint system. It might need to be removed.

NOTE 2 For cleaning and preparation recommendations, see ISO 12944-4.

NOTE 3 For further information, see EN 10238.

Table F.1 — Compatibility of pre-fabrication primers with paint systems

Pre-fabrication primer		Compatibility of generic type of pre-fabrication primer with primer of paint system				
Binder type	Anticorrosive pigment	AK	AY	EP ^a	PUR	Zinc ESI
AK	Miscellaneous	√	√	NC	NC	NC
EP	Miscellaneous	√	√	√	√	NC
EP	Zinc dust	NC	√	√	√	NC
ESI	Zinc dust	NC	√	√	√	√ ^b
AY (water-borne)	Miscellaneous	NC	√	NC	NC	NC
NOTE 1 For abbreviations see Table A.1. NOTE 2 Paint formulations vary. Checking compatibility with the paint manufacturer is recommended. √ = In principle compatible NC = In principle not compatible						
^a Including epoxy combinations, e.g. hydrocarbon resins. ^b Sweep-blasting is required.						

Table F.2 — Suitability of pre-fabrication primers, used with a related paint system, in various exposure conditions

Pre-fabrication primer		Suitability to exposure conditions					
Binder type	Anticorrosive pigment	C2	C3	C4	C5	Immersion	
						without cathodic protection	with cathodic protection
AK	Miscellaneous	√	√	√	NS	NS	NS
EP	Miscellaneous	√	√	√	√	√	√
EP	Zinc dust	√	√	√	√	√	√
ESI	Zinc dust	√	√	√	√	√	√
AY (water-borne)	Miscellaneous	√	√	√	NS	NS	NS
NOTE 1 For abbreviations see Table A.1. NOTE 2 Paint formulations vary. Checking compatibility with the paint manufacturer is recommended. √ = Suitable NS = Not suitable							

Bibliography

- [1] ISO 4628-1, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity*
- [2] *and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 1: General introduction*
- [3] *and designation system*
- [4] ISO 4628-2, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity*
- [5] *and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 2: Assessment of*
- [6] *degree of blistering*
- [7] ISO 4628-3, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity*
- [8] *and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 3: Assessment of*
- [9] *degree of rusting*
- [10] ISO 4628-4, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity*
- [11] *and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 4: Assessment of*
- [12] *degree of cracking*
- [13] ISO 4628-5, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity*
- [14] *and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 5: Assessment of*
- [15] *degree of flaking*
- [16] ISO 4628-6, *Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity*
- [17] *and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 6: Assessment of*
- [18] *degree of chalking by tape method*
- [19] ISO 8501-3, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 3: Preparation grades of welds, edges and other areas with surface imperfections*
- [20] ASTM D 6580, *Standard Test Method for the determination of metallic zinc content in both zinc dust pigment and in cured films of zinc rich coatings*
- [21] EN 10238, *Automatically blast-cleaned and automatically prefabrication-primed structural steel products*
- [22] Ole Øystein Knudsen, Trond Rogne, Torstein Røssland, "Rapid Degradation of Painted TSA", Paper 04023 presented at NACE - CORROSION Conference 2004