



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۶۵۹۴-۲

تجدیدنظر اول

۱۳۹۷

INSO

6594-2

1st. Revision

2019

Identical With

ISO 12944-2:  
2017

پوشش‌رنگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های  
فولادی در برابر خوردگی با استفاده از  
سامانه‌های رنگ محافظ -  
قسمت ۲: طبقه‌بندی شرایط محیطی

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

ICS:87.020

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- (۰۲۶)۳۲۸۰۶۰۳۱

دورنگار: (۰۲۶)۳۲۸۰۸۱۱۴

رایانامه: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین ومقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی‌سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی‌نامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4-Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«پوشش‌نگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ

محافظ - قسمت ۲: طبقه‌بندی شرایط محیطی»

### رئیس:

حمیدی، علیرضا  
(کارشناسی ارشد شیمی)

### سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت تولیدی و شیمیایی روناس

### دبیر:

رحیمی پور، یدالله  
(کارشناسی ارشد شیمی)

اداره کل استاندارد استان مرکزی

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احدی، عباس  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت هپکو

اخیاری، شهاب  
(دکتری شیمی-پلیمر)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

بزرگی، علی  
(کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر)

موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر (مترا)

عسگری، ستاره  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

شرکت تولیدی و شیمیایی روناس

قربانی، محمدمهدی  
(کارشناسی مهندسی شیمی)

شرکت صنایع آذر آب

لونی، بابک  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت ماشین سازی اراک

### ویراستار:

واحدی، رویا  
(کارشناسی ارشد فیزیک)

اداره کل استاندارد استان مرکزی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ تنش‌های خوردگی حاصل از جو، آب و خاک
۶	۵ طبقه‌بندی شرایط محیطی
۱۰	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) شرایط آب و هوایی
۱۱	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) موارد خاص
۱۴	کتاب‌نامه

## پیش گفتار

استاندارد «پوشرنگ‌ها و جلاها- حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ قسمت ۲: طبقه‌بندی شرایط محیطی» که نخستین بار در سال ۱۳۸۳ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادی دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌هزار و ششصد و هفتاد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد صنایع شیمیایی مورخ ۱۳۹۷/۱۰/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۵۹۴ : سال ۱۳۸۳ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 12944-2: 2017, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 2: Classification of environments

## مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۶۵۹۴ است. این استاندارد تحت عنوان پوشش‌رنگ‌ها و جلاها- حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ می‌باشد و شامل قسمت‌های زیر است:

قسمت ۱: مقدمه کلی

قسمت ۲: طبقه‌بندی شرایط محیطی

قسمت ۳: ملاحظات طراحی

قسمت ۴: انواع سطوح و آماده‌سازی آن‌ها

قسمت ۵: سامانه‌های رنگ محافظ

قسمت ۶: روش‌های آزمون جهت اجرای آزمایشگاهی

قسمت ۷: اجرا و نظارت بر رنگ‌آمیزی

قسمت ۸: تدوین ویژگی‌ها برای رنگ‌آمیزی مجدد و تعمیر و نگهداری

قسمت ۹: سامانه‌های رنگ محافظ و روش‌های آزمون عملکرد برای سازه‌های فراساحلی و سازه‌های مرتبط. فولاد بدون حفاظت در جو، در آب و خاک در معرض خوردگی قرار می‌گیرد که می‌تواند منجر به زیان شود. بنابراین، برای جلوگیری از زیان خوردگی، سازه‌های فولادی به طور معمول محافظت می‌شوند تا تنش‌های خوردگی که در طول عمر مفید سازه با آنها مواجه هستند را تحمل کنند. روش‌های مختلفی برای محافظت از خوردگی سازه‌های فولادی وجود دارد. همه قسمت‌های این استاندارد با حفاظت به‌وسیله سامانه‌های رنگ و پوشش در قسمت‌های مختلف سروکار دارند، ترکیب همه قسمت‌ها اهمیت در دستیابی به حفاظت مناسب از خوردگی است. افزودن یا سایر اقدام‌ها ممکن هستند، اما لازم است توافق خاصی بین طرفین ذینفع ایجاد شود. به منظور اطمینان از حفاظت در برابر خوردگی موثر سازه‌های فولادی، صاحبان این سازه‌ها، برنامه‌ریزان، مشاوران، شرکت‌هایی که کار حفاظت در برابر خوردگی انجام می‌دهند، بازرسان پوشش‌های محافظ و تولیدکنندگان مواد پوششی نیاز به در اختیار داشتن اطلاعات مطابق با جدیدترین روش‌ها به صورت مختصر در مورد حفاظت از خوردگی به‌وسیله سامانه‌های رنگ هستند. حیاتی است که چنین اطلاعاتی تا حد ممکن کامل، به‌صورت یکپارچه و قابل درک باشد، برای جلوگیری از مشکلات و سوء تفاهم بین طرفین مرتبط با اجرای عملی حفاظت از کار است. هدف همه قسمت‌های این استاندارد این است تا این اطلاعات را به شکل یک مجموعه دستورالعمل‌ها ارائه دهد. این برای کسانی است که دارای دانش فنی هستند. همچنین فرض شده است که کاربر این مجموعه استانداردهای ملی با دیگر استانداردهای بین‌المللی مرتبط آشنا هستند به ویژه کسانی که به آماده‌سازی سطح می‌پردازند. اگر چه همه قسمت‌های این استاندارد با مسائل مالی و قراردادی برخورد نمی‌کنند، توجه به این واقعیت که به دلیل پیامدهای قابل توجهی که از کافی نبودن حفاظت از خوردگی، عدم رعایت الزامات و توصیه‌های مندرج در همه قسمت‌های این استاندارد می‌تواند منجر به عواقب جدی مالی شود.

این استاندارد تجدید نظر اول استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۵۹۴ سال ۱۳۸۱ است که از نظر فنی بازنگری و با اعمال تغییرات زیر جایگزین آن می‌شود:

- مراجع الزامی به روز شده است؛
- زیر بند ۴-۲-۱ «کلیات» اضافه شده است؛
- واحدهای جدول ۱ اصلاح شده است؛
- متن استاندارد تجدید نظر شده است؛
- کتاب‌نامه به روز شده است.



## پوشش‌رنگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ قسمت ۲: طبقه‌بندی شرایط محیطی

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، طبقه‌بندی شرایط محیطی عمده‌ای است که سازه‌های فولادی در معرض آن‌ها قرار داشته و نیز طبقه‌بندی خوردگی این شرایط محیطی می‌باشد. این استاندارد موارد زیر را شامل می‌شود:

- رده‌بندی‌های خوردگی جوی را بر اساس کاهش جرم (یا کاهش ضخامت) توسط آزمون‌های استاندارد تعریف می‌کند. همچنین نوع شرایط محیط جوی طبیعی را که سازه‌های فولادی در معرض آن‌ها می‌باشند را با ارائه پیشنهادی مبنی بر تخمین میزان خوردگی آن‌ها را بیان می‌کند.
- رده‌بندی‌های مختلف شرایط محیطی برای سازه‌های غوطه‌ور در آب یا مدفون در خاک را تشریح می‌کند؛
- اطلاعاتی در مورد برخی تنش‌های خوردگی خاص که می‌تواند موجب افزایش قابل توجه سرعت خوردگی شده یا نیاز به سامانه رنگ محافظ با عملکرد برتر را ارائه می‌دهد.
- تنش‌های خوردگی مرتبط با یک محیط خاص یا رده خوردگی، نشان دهنده یک عامل اساسی در انتخاب سامانه‌های رنگ محافظ است.

### ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند. در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، پوشش‌رنگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ - قسمت ۲: مقدمه کلی
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، رنگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ - قسمت ۳: ملاحظات طراحی
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، پوشش‌رنگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ - قسمت ۴: انواع سطوح و آماده‌سازی آن‌ها
- ۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، پوشش‌رنگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ - قسمت ۵: سامانه‌های رنگ محافظ

۲-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۶-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، پوشش‌رنگ‌ها و جلاها- حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ- قسمت ۶: روش‌های آزمون جهت اجرای آزمایشگاهی

۲-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۷-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، رنگ‌ها و جلاها- حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های پوشش‌رنگ محافظ- قسمت ۷: اجرا و نظارت بر رنگ آمیزی

۲-۷ استاندارد ملی ایران شماره ۸-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، رنگ‌ها و جلاها- حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ - قسمت ۸: تدوین ویژگی‌ها برای رنگ آمیزی مجدد و تعمیر و نگهداری

۲-۸ استاندارد ملی ایران شماره ۹-۶۵۹۴: سال ۱۳۹۷، پوشش‌رنگ‌ها و جلاها- حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سامانه‌های رنگ محافظ- قسمت ۹: سامانه‌های رنگ محافظ و روش‌های آزمون عملکرد برای سازه‌های دریایی و مرتبط

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف زیر، اصطلاحات و تعاریف استانداردهای ملی ۱-۶۵۹۴، ۳-۶۵۹۴، ۴-۶۵۹۴، ۵-۶۵۹۴، ۶-۶۵۹۴، ۷-۶۵۹۴، ۸-۶۵۹۴ و ۹-۶۵۹۴ نیز به کار<sup>۱</sup> می‌رود.

#### ۱-۳

#### خوردگی

#### corrosivity

توانایی یک محیط که باعث ایجاد خوردگی فلز در یک سامانه خوردگی مشخص می‌شود.

[منبع: برگرفته از زیربند 14-2 استاندارد ISO 8044: 2015]

#### ۲-۳

#### آب و هوا

#### climate

هوای معمول در یک محل یا ناحیه مشخص که مشخصات هواشناسی آن در طول یک مدت زمان طولانی از نظر آماری ثبت شده باشد.

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های زیر قابل دسترس هستند:

- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

۳-۳

جو

### atmosphere

مخلوطی از گازها و نیز به‌طور کلی ذرات و مواد معلق در هوا که شیء مورد بحث را احاطه می‌کنند.

۴-۳

خوردگی جوی

### atmospheric corrosion

خوردگی ناشی از جو (زیربند ۳-۳) زمین در دمای محیط به عنوان محیط خورنده است.

[منبع: برگرفته از زیربند 3-4 استاندارد ISO 8044: 2015]

۵-۳

نوع جو

### type of atmosphere

مشخصات جو (زیربند ۳-۳) بر اساس عوامل خورنده موجود، و نیز غلظت آن‌ها می‌باشد.

یادآوری - عوامل اصلی خورنده عبارتند از: گازها (مخصوصاً دی‌اکسید گوگرد) و نمک‌ها (مخصوصاً کلریدها و سولفات‌ها)

۶-۳

شرایط محیطی

### local environment

شرایط جوی معمول در اطراف عنصر تشکیل دهنده یک سازه است.

یادآوری - این شرایط، رده‌بندی خوردگی (زیربند ۱-۳) را تعیین می‌کند و شامل هر دو عامل هواشناسی و آلودگی می‌شود.

۷-۳

شرایط ریز محیطی

### micro-environment

شرایط محیطی در حد فاصل بین عنصر تشکیل دهنده یک سازه و محیط اطراف آن است.

یادآوری - شرایط ریز محیطی، یکی از عوامل تعیین کننده در تخمین تنش‌های خوردگی است.

### زمان مرطوب بودن

#### time of wetness

مدت زمانی که سطح یک فلز با جاذب یا لایه‌ای از مایع الکترولیتی که توانایی ایجاد خوردگی جوی را دارا است پوشیده شده باشد.

یادآوری- مقادیر راهنما برای زمان مرطوب بودن از مجموع ساعاتی که رطوبت نسبی بیشتر از ٪ ۸۰ و در همان مدت، دما بیشتر از صفر درجه سلسیوس می‌باشد، قابل محاسبه است.

[منبع: برگرفته از زیربند 3-5 استاندارد ISO 9223: 2012، تغییرات: یادآوری به آن اضافه شده است.]

### ۴ تنش‌های خوردگی حاصل از جو، آب و خاک

#### ۴-۱ خوردگی جوی

خوردگی جوی فرآیندی است که در یک لایه مرطوب بر روی سطح فلز رخ می‌دهد. لایه رطوبت ممکن است چنان نازک باشد که مشاهده آن با چشم غیر مسلح امکان‌پذیر نباشد. سرعت خوردگی با عوامل زیر افزایش می‌یابد:

- افزایش رطوبت نسبی؛
- وقوع میعان رطوبت (وقتی دمای سطح برابر و یا کمتر از نقطه شبنم باشد)؛
- افزایش میزان آلودگی جوی (آلوده‌کننده‌های خورنده می‌توانند با فولاد واکنش داده و بر روی سطح، ایجاد رسوب نمایند).

تجربه نشان داده که اگر رطوبت نسبی بیشتر از ٪ ۸۰ و دما بیشتر از صفر درجه سلسیوس باشد خوردگی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌شود، اما اگر آلوده‌کننده‌ها یا نمک‌های رطوبت‌گیر نیز در محیط باشند، خوردگی در رطوبت‌های خیلی کمتر نیز رخ می‌دهد.

رطوبت جوی و دمای هوا در یک منطقه ویژه از زمین به شرایط آب و هوایی معمول در آن نقطه از زمین بستگی دارد. خلاصه‌ای از تعاریف مربوط به مهم‌ترین شرایط آب و هوایی در «پیوست الف» آمده است. موقعیت جزء تشکیل دهنده سازه نیز خوردگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در جایی که سازه‌ها در معرض هوای آزاد هستند، عوامل آب و هوایی نظیر باران، نور آفتاب و آلاینده‌های گازی یا ذرات معلق در هوا در خوردگی تاثیر می‌گذارند. تاثیر شرایط آب و هوایی در زیر یک حفاظ کاهش می‌یابد. در محیط‌های بسته اثر آلاینده‌های جوی کاهش می‌یابد، هر چند امکان تهویه ضعیف، رطوبت بالا و یا تراکم رطوبت، سرعت خوردگی موضعی را به شدت افزایش می‌دهد.

برای تخمین تنش‌های خوردگی، دانستن شرایط محیطی موضعی و شرایط ریز محیطی ضروری است. مثال‌هایی از شرایط ریز محیطی عبارتند از: سطح زیرین یک پل (مخصوصاً بر روی آب)، سقف یک استخر سرپوشیده، و طرف سایه و آفتابی یک ساختمان.

## ۲-۴ خوردگی در آب و خاک

### ۱-۲-۴ کلیات

وقتی قسمتی از یک سازه در آب غوطه‌ور یا در خاک مدفون است، مراقبت‌های ویژه‌ای باید انجام گیرد. تحت چنین شرایطی اغلب، خوردگی به یک قسمت کوچک از سازه که سرعت خوردگی در آن بالا است محدود می‌شود. آزمایش‌های غوطه‌وری جهت برآورد خوردگی شرایط محیطی آب یا خاک توصیه نمی‌شوند. با وجود این، شرایط مختلف غوطه‌وری یا مدفون شدن را می‌توان شرح داد.

### ۲-۲-۴ سازه‌های غوطه‌ور در آب

نوع آب (شیرین، شور یا نمکی) اثر قابل ملاحظه‌ای در خوردگی فولاد دارد. خوردگی، هم‌چنین تحت تاثیر میزان اکسیژن آب، نوع و مقدار مواد محلول و دمای آب می‌باشد. رشد گیاهان و جانوران نیز می‌توانند خوردگی را تسریع نمایند.

سه قلمرو مختلف جهت غوطه‌وری در آب می‌توان تعریف نمود:

- قلمرو زیر آب، جایی که دائما در معرض آب است؛
- قلمرو میانی (سطح نوسان)، ناحیه‌ای که سطح آب تحت تاثیر عوامل طبیعی یا مصنوعی تغییر می‌یابد، بنابراین افزایش میزان خوردگی در نتیجه ترکیبی از برخورد آب و جو است.
- قلمرو پاشیدگی آب<sup>۱</sup>، قلمروی که بر اثر موج و عمل پاشش<sup>۲</sup> ناشی از آن، مخصوصا با آب دریا مرطوب می‌شود و به‌طور خاصی تنش خوردگی را بالا می‌برد.

### ۳-۲-۴ سازه‌های مدفون در خاک

خوردگی در خاک به میزان مواد معدنی موجود در خاک و ماهیت این مواد و هم‌چنین حضور ماده آلی، آب و اکسیژن موجود بستگی دارد. خوردگی خاک به شدت تحت تاثیر میزان جریان هوا است. با تغییر مقدار اکسیژن موجود، ممکن است سلول‌های خوردگی تشکیل شوند. در بعضی از مناطق که سازه‌های فولادی عمده نظیر لوله‌ها، تونل‌ها، تاسیسات مخزنی و غیره از میان انواع مختلف خاک (خاک‌های با مقدار اکسیژن متفاوت، خاک‌های با سطوح آب زیر زمینی متفاوت و غیره) می‌گذرند، ممکن است خوردگی موضعی پیشرفته (حفره‌دار شدن) به واسطه تشکیل سلول‌های خوردگی ایجاد شود. برای جزئیات بیشتر به استاندارد EN 12501-1 مراجعه شود.

انواع مختلف خاک و تفاوت عوامل خاک به عنوان معیارهای طبقه‌بندی در این استاندارد در نظر گرفته نشده است.

---

1 - Splash zone  
2 - Spray action

### ۳-۴ موارد خاص

برای انتخاب یک سامانه رنگ محافظ باید تنش‌های خاصی که یک سازه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و موقعیت‌های خاصی که یک سازه در آن قرار می‌گیرد مورد توجه قرار داده شوند. طراحی و نوع استفاده از سازه نیز احتمالاً منجر به تنش‌های خوردگی می‌شود ولی در طبقه‌بندی ارائه‌شده در بند ۵ آورده نشده‌اند. مثال‌هایی از چنین موارد خاص در «پیوست ب» آمده است.

### ۵ طبقه‌بندی شرایط محیطی

#### ۱-۵ رده‌بندی خوردگی جوی

۱-۱-۵ مطابق طبقه‌بندی استاندارد ISO 9223، محیط‌های جوی به شش رده خوردگی جوی زیر رده‌بندی شده‌اند:

- C1 خوردگی خیلی کم
- C2 خوردگی کم
- C3 خوردگی متوسط
- C4 خوردگی زیاد
- C5 خوردگی خیلی زیاد
- CX خوردگی شدید

**یادآوری - CX** محیط‌های مختلف با خوردگی شدید را پوشش می‌دهد. یکی از محیط‌های خاص با خوردگی شدید محیط فراساحل است که با استاندارد ملی ۹-۶۵۹۴ پوشش داده شده است. سایر محیط‌های با خوردگی شدید در قسمت‌های دیگر استاندارد ملی ۶۵۹۴ پوشش داده نشده‌اند.

۱-۲-۵ برای تعیین رده‌بندی خوردگی‌ها، روش غوطه‌وری آزمون‌ها توصیه اکید می‌شود. جدول ۱ انواع خوردگی‌ها بر حسب کاهش جرم یا کاهش ضخامت قطعات استاندارد ساخته شده از فولاد با کربن کم و یا روی (Zn) بعد از یک سال غوطه‌وری را نشان می‌دهد. برای جزئیات آزمون‌های استاندارد و همچنین نحوه آماده‌سازی آزمون‌ها قبل و بعد از غوطه‌وری به استاندارد ISO 9226 مراجعه شود.

برون‌یابی کاهش‌های جرم و ضخامت، با استفاده از مدت زمان‌های غوطه‌وری کمتر از یک‌سال و یا برون‌یابی عکس، از زمان‌های طولانی‌تر از یک‌سال نتایج معتبری نداشته و بنابراین پذیرفته نیست. کاهش جرم یا کاهش ضخامت به‌دست آمده از آزمون‌های فولاد و روی، گاهی ممکن است منجر به رده‌بندی‌های مختلفی شود. در چنین مواردی بایستی رده‌بندی با خوردگی بالاتر انتخاب شود.

اگر امکان غوطه‌وری آزمون‌های استاندارد در شرایط محیطی واقعی مورد نظر، وجود نداشته باشد، رده‌بندی خوردگی می‌تواند به سادگی با توجه به مثال‌های نوعی شرایط محیطی داده شده در جدول ۱ برآورده شود. مثال‌های ذکر شده در جدول ۱ جنبه اطلاعاتی داشته و گاهی ممکن است مشابه‌سازی شده باشند. تنها اندازه‌گیری‌های عملی کاهش جرم یا کاهش ضخامت می‌تواند رده‌بندی صحیح را ارائه نماید.

**یادآوری -** رده‌بندی‌های خوردگی با در نظر گرفتن ترکیبی از اثرات عوامل محیطی ذکر شده در زیر نیز می‌تواند برآورد شود: زمان مرطوب بودن سالانه، میانگین سالانه غلظت دی‌اکسید گوگرد و میانگین سالانه رسوب کلرید. (به استاندارد ISO 9223 مراجعه شود).

جدول ۱- رده‌بندی خوردگی جوی و مثال‌هایی از شرایط محیطی معمول

مثال‌هایی از شرایط محیطی معمول (فقط جهت اطلاع)		کاهش جرم به ازای واحد سطح و یا کاهش ضخامت (بعد از یک سال غوطه‌وری)				رده‌بندی خوردگی
درونی	بیرونی	روی (Zn)		فولاد با کربن کم		
		کاهش ضخامت (μm)	کاهش جرم (g/m <sup>2</sup> )	کاهش ضخامت (μm)	کاهش جرم (g/m <sup>2</sup> )	
ساختمان‌های گرم شده با جو تمیز به‌عنوان مثال: ادارات، فروشگاه‌ها، مدارس، هتل‌ها	_____	≤ ۰٫۱	≤ ۰٫۷	≤ ۱٫۳	≤ ۱۰	C1 خیلی کم
ساختمان‌های گرم نشده که احتمالاً در آن‌ها تراکم رطوبت ایجاد شده، نظیر انبارها و سالن‌های ورزشی	جوه‌های با سطح آلودگی کم، به‌طور عمده نواحی روستایی	> ۰٫۱-۰٫۷	> ۰٫۷-۵	> ۱٫۳-۲۵	> ۱۰-۲۰۰	C2 کم
سالن‌های تولید با رطوبت زیاد و چند آلاینده هوا نظیر واحدهای تولید مواد غذایی، لباسشویی‌ها، نوشابه‌سازی‌ها، لبنیاتی‌ها	جوه‌های شهری و صنعتی، آلودگی متوسط گوگرد، نواحی ساحلی با شوری کم	> ۰٫۷-۲٫۱	> ۵-۱۵	> ۲۵-۵۰	> ۲۰۰-۴۰۰	C3 متوسط
واحدهای تولیدی شیمیایی، استخرهای شنا، کشتی پهلوگرفته در ساحل و محوطه‌های قایقرانی	نواحی صنعتی و نواحی ساحلی با شوری متوسط	> ۲٫۱-۴٫۲	> ۱۵-۳۰	> ۵۰-۸۰	> ۴۰۰-۶۵۰	C4 زیاد
ساختمان‌ها یا مناطق با تراکم تقریباً دائمی از آلودگی زیاد	نواحی صنعتی با رطوبت زیاد و جو خورنده و نواحی ساحلی با شوری زیاد	> ۴٫۲-۸٫۴	> ۳۰-۶۰	> ۸۰-۲۰۰	> ۶۵۰-۱۵۰۰	C5 خیلی زیاد
مناطق صنعتی با رطوبت شدید و با جو خورنده	نواحی فراساحل با شوری زیاد و نواحی صنعتی با رطوبت شدید و جو خورنده و جوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری	> ۸٫۴-۲۵	> ۶۰-۱۸۰	> ۲۰۰-۷۰۰	> ۱۵۰۰-۵۵۰۰	CX شدید

یاد آوری- مقادیر کاهش جرم که برای رده‌بندی خوردگی آمده با موارد ارائه شده در استاندارد ISO 9223 یکسان است.

### ۲-۵ رده‌بندی خوردگی آب و خاک

برای سازه‌های غوطه‌ور در آب یا دفن شده در خاک، خوردگی به طور معمول به طبیعت محل بستگی دارد و رده‌بندی خوردگی به سختی تعریف می‌شود. با این حال، به منظور استفاده از این استاندارد، محیط‌های مختلف را می‌توان شرح داد. در جدول ۲، چهار محیط مختلف همراه با نقش آن‌ها داده شده است. برای جزئیات بیشتر به زیر بند ۴-۲ مراجعه شود.

جدول ۲- رده‌بندی خوردگی آب و خاک

رده‌بندی	شرایط محیط	مثال‌هایی از شرایط محیط و سازه‌ها
Im1	آب تازه	تاسیسات رودخانه‌ای، نیروگاه‌های برق آبی
Im2	آب دریا یا آب شور	سازه‌های غوطه‌ور بدون حفاظت کاتدی (نظیر نواحی بندری با سازه‌هایی شبیه دریچه‌های سد، اسکله‌ها یا سازه‌های ساحلی)
Im3	خاک	مخازن مدفون، دکل‌های فولادی، لوله‌های فولادی
Im4	آب دریا یا آب شور	سازه‌های غوطه‌ور با حفاظت کاتدی (نظیر سازه‌های فراساحلی)
یادآوری - برای رده‌بندی خوردگی Im1 و Im2، حفاظت کاتدی را می‌توان با سامانه رنگ مورد آزمایش قرار داد.		



## پیوست الف

### (آگاهی دهنده)

#### شرایط آب و هوایی

معمولا در مورد رفتار خوردگی ناشی از نوع آب و هوا فقط می‌توان نتیجه‌گیری‌های کلی استنباط کرد. در آب و هوای سرد و یا خشک، سرعت خوردگی نسبت به آب و هوای معتدل کمتر خواهد بود. همین سرعت در آب و هوای گرم و مرطوب و نیز در آب و هوای دریایی، بیشترین مقدار می‌باشد. با وجود این، تفاوت‌های محلی قابل توجهی می‌تواند رخ دهد. نکته اصلی، طول مدت غوطه‌وری سازه در رطوبت‌های بالا است که به‌صورت زمان مرطوب‌بودن نیز تعریف می‌شود. جدول الف ۱ زمان مرطوب بودن محاسبه شده و مشخصات انتخاب شده از انواع مختلف آب و هوا را ارائه می‌دهد.

جدول الف ۱ - زمان مرطوب بودن محاسبه شده و مشخصات انتخابی از انواع مختلف آب و هوا

زمان مرطوب بودن محاسبه شده در رطوبت نسبی بیش از ۸۰٪ و دمای بیش از صفر درجه سلسیوس (h/year)	میانگین بیشترین مقادیر سالانه			نوع آب و هوا
	بیشترین دما (°C) با رطوبت نسبی بیش از ۹۵٪	دمای زیاد (°C)	دمای کم (°C)	
۰ - ۱۰۰	+۲۰	+۳۲	-۶۵	بی نهایت سرد
۱۵۰ - ۲۵۰۰	+۲۰	+۳۲	-۵۰	سرد
۲۵۰۰ - ۴۲۰۰	+۲۳	+۳۴	-۳۳	معتدل سرد
	+۲۵	+۳۵	-۲۰	معتدل گرم
۱۰ - ۱۶۰۰	+۲۷	+۴۰	-۲۰	گرم و خشک
	+۲۷	+۴۰	-۵	گرم و خشک ملایم
	+۲۸	+۵۵	+۳	بی نهایت گرم و خشک
۴۲۰۰ - ۶۰۰۰	+۳۱	+۴۰	+۵	گرم و مرطوب
	+۳۳	+۳۵	+۱۳	گرم و مرطوب ملایم

پیوست ب  
(آگاهی دهنده)  
موارد خاص

ب-۱- موقعیت‌های خاص

ب-۱-۱ خوردگی در داخل ساختمان‌ها

تنش‌های خوردگی بر روی سازه‌های فولادی در داخل ساختمان‌ها که در برابر شرایط محیطی بیرون پوشانده شده‌اند معمولا ناچیز است.

اگر فقط قسمتی از محیط داخلی ساختمان در برابر محیط بیرون پوشانده شده باشد، تنش‌های خوردگی اعمال شده به محیط داخلی با جو احاطه کننده ساختمان یکسان خواهد بود.

اثر تنش‌های خوردگی ناشی از شرایط آب و هوایی داخل ساختمان، با توجه به مورد استفاده ساختمان، می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای شدت یابد. این تنش‌ها را تنش‌های خاص می‌نامند (بند ب-۲). چنین تنش‌هایی ممکن است در استخرهای شنای سرپوشیده با آب کلرینه شده، محل نگهداری چهارپایان اهلی و ساختمان‌هایی با اهداف خاص دیگر ایجاد شود.

در نواحی سردسیر ایجاد میعان رطوبت فصلی موجب تنش‌های خوردگی شدیدتری بر روی سازه‌ها می‌شود. در مواردی که سطوح به‌وسیله الکترولیت‌ها مرطوب می‌شوند، حتی اگر این رطوبت به‌طور موقت باشد (به عنوان مثال در مورد مواد ساختمانی مرطوب)، به‌کار بردن الزامات جلوگیری از خوردگی مخصوص و دقیق، ضروری است.

ب-۱-۲ خوردگی در جعبه‌ها و قطعات توخالی

قطعات توخالی چنانچه کاملا درزگیری و بنابراین غیر قابل نفوذ شده باشند، در معرض خوردگی داخلی قرار نمی‌گیرند. درحالی‌که جعبه‌هایی که کاملا درزبندی شده‌اند ولی گاهی باز و بسته می‌شوند در معرض تنش‌های کوچک خوردگی داخلی قرار دارند.

طراحی قطعات توخالی درزگیری شده و وسایل جعبه مانند باید طوری باشد که اطمینان کامل از عدم نفوذ هوا حاصل شود (به عنوان مثال جوش کاری ناپیوسته نباشد، اتصالات کاملا یکنواخت باشد). از طرف دیگر بسته به دمای بیرون ممکن است رطوبت ناشی از رسوبات یا تراکم به داخل نفوذ کرده و در آنجا باقی بماند. اگر احتمال چنین چیزی وجود دارد، باید سطوح داخلی محافظت شوند. توجه داشته باشید که میعان رطوبت، اغلب حتی در جعبه‌هایی که با درزبندی کاملا بسته شده طراحی شده‌اند نیز دیده می‌شود.

باید انتظار داشت که خوردگی در داخل جعبه‌ها و قطعات توخالی که تمام وجوه‌شان بسته نیست، دیده شده و محاسبات متناسب نیز انجام شود

## ب-۲ تنش‌های خاص

### ب-۲-۱ کلیات

تنش‌های خاص برای اهداف همه قسمت‌های استاندارد ملی ۶۵۹۴، تنش‌هایی هستند که موجب افزایش قابل توجه خوردگی شده یا باعث افزایش نیاز به سامانه‌های رنگ محافظ با عملکرد بالاتر می‌شوند. به علت تنوع چنین تنش‌هایی تنها چند مثال ممکن از آن‌ها انتخاب شده است.

### ب-۲-۲ تنش‌های شیمیایی

خوردگی با آلاینده‌های ناشی از عملیات یک واحد تولیدی (به عنوان مثال اسیدها، بازها یا نمک‌ها، حلال‌های آلی، گازهای خورنده و ذرات گرد و غبار)، به‌طور موضعی شدت می‌یابد. چنین تنش‌هایی در مجاورت محل‌هایی نظیر کار بر روی کک، عملیات شستشو با اسید، واحدهای آب‌کاری، آسیاب‌های رنگرزی، محل‌های تهیه خمیر چوب، دباغی‌ها و پالایشگاه‌های نفت بوجود می‌آید.

### ب-۲-۳ تنش‌های مکانیکی

#### ب-۲-۳-۱ در جو

تنش‌های سایشی (فرسایش) می‌تواند در نتیجه برخورد ذرات به وسیله باد (به عنوان مثال شن) به وقوع بپیوندد. سطوحی که در معرض سایش هستند باید در برابر تنش‌های مکانیکی ملایم و سخت مقاوم باشند.

#### ب-۲-۳-۲ در آب

تنش‌های مکانیکی در آب می‌تواند با جابجایی صخره‌ها، عمل سایشی شن، عمل موج و غیره بوجود آید. تنش‌های مکانیکی به سه طبقه تقسیم می‌شوند:

۱- ضعیف: تنش‌های مکانیکی جزئی، خیلی آهسته یا متناوب، به عنوان مثال، در اثر ذرات سبک و کوچک یا مقادیر کم شن وارد شده به آب‌های با حرکت کند.

۲- ملایم: تنش‌های مکانیکی ملایم به عنوان مثال ناشی از:

- ذرات جامد، شن، ریگ، سنگلاخ یا یخ که به مقادیر متوسط در جریان نسبتاً تند آب وارد شده‌اند؛

- یک جریان قوی بدون وجود هیچ ماده‌ای که از مجاورت سطوح عمودی می‌گذرد؛

- رشد معمولی گیاهان یا جانوران؛

- موج با شدت معمولی.

۳- شدید: تنش‌های مکانیکی شدید به عنوان مثال ناشی از:

- ذرات جامد، شن، ریگ، سنگلاخ یا یخ که به مقادیر زیاد با جریان سریع آب بر روی سطوح افقی یا شیب‌دار وارد شده‌اند؛

- رشد متراکم گیاهان یا جانوران مخصوصاً اگر به دلایل کاربری، لازم باشد که گاه به گاه به‌طور مکانیکی پاک شوند.

ب-۲-۴ تنش‌های ناشی از تراکم رطوبت

اگر دما در سطح یک سازه به مدت چند روز، کمتر از نقطه شبنم باقی بماند، میعان رطوبت بوجود آمده منجر به تنش خوردگی شدیدی خواهد شد، مخصوصاً اگر چنین میعانی در سطوح داخلی جاهای مورد انتظار تشکیل شود (به عنوان مثال در مورد کارهای آبی، در لوله‌های خنک‌کننده آبی).

ب-۲-۵ تنش‌های ناشی از دماهای بالا و متوسط

در این استاندارد، دماهای متوسط بین  $60^{\circ}\text{C}$  تا  $150^{\circ}\text{C}$  و دماهای بالا بین  $150^{\circ}\text{C}$  تا  $400^{\circ}\text{C}$  است. دماهایی با این شدت فقط تحت شرایط خاص و در طی عملیات ساختمانی یا عملیات تولید بوجود می‌آیند (به عنوان مثال دماهای متوسط در طی آسفالت کردن جاده‌ها رخ داده و دماهای بالا در دودکش‌های ساخته شده از ورق فولاد، مجاری خروجی گازهای داغ و یا مجاری خروج گاز در مراکز تولید کک ایجاد می‌شود).

ب-۲-۶ خوردگی پیشرفته ناشی از ترکیب تنش‌ها

خوردگی ممکن است بر روی سطوحی که به‌طور همزمان در معرض تنش‌های مکانیکی و شیمیایی هستند با سرعت بیشتری انجام شود. این حالت مخصوصاً در سازه‌های فولادی نزدیک جاده‌هایی که نمک و سنگ‌ریزه بر روی آن‌ها پاشیده می‌شود، ظاهر می‌گردد. عبور وسایط نقلیه، آب نمکی و سنگ‌ریزه را بر روی چنین سازه‌هایی پخش می‌کند. بنابراین سطح، در معرض تنش‌های خوردگی حاصل از نمک و در همان حال، تنش‌های مکانیکی ناشی از برخورد سنگ‌ریزه قرار می‌گیرد. قسمت‌های دیگر سازه با پاشش مه نمک، مرطوب خواهند شد. به عنوان مثال سطح زیرین وسایل نقلیه‌ای که از روی جاده‌های نمکی عبور می‌کنند نیز تحت تاثیر این پدیده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی فرض شده است که قلمرو پاشش تا فاصله ۱۵ m از جاده در نظر گرفته می‌شود.

### کتابنامه

- [1] ISO 8044: 2015, Corrosion of metals and alloys -Basic terms and definitions
- [2] ISO 9223, Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation
- [3] ISO 9226, Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity
- [4] EN 12501-1, Protection of metallic materials against corrosion - Corrosion likelihood in soil - Part 1: General