

INSO

7454

1st. Revision  
May.2013



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۷۴۵۴

تجدید نظر اول

خرداد ۱۳۹۲

دندانپزشکی – روش‌های آزمون خوردگی  
مواد فلزی

Dentistry — Corrosion test methods for  
metallic materials

ICS:11.060.10

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات 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.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عبار 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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
« دندانیزشکی-روش های آزمون خوردگی مواد فلزی »  
(تجدید نظر اول)

**رئیس:**

علوی زارع، سید رضا  
(دکتری مواد)

**سمت و/ یا نمایندگی**

هیات علمی دانشگاه شهید چمران  
اهواز

**دبیر:**

پولادزاده، اعظم  
(فوق لیسانس شیمی معدنی)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

**اعضاء:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

بروجردنیا، مهدی

(فوق لیسانس متالورژی)

هیات علمی دانشگاه آزاد اهواز

بلک، زهره

(فوق لیسانس متالورژی)

هیات علمی دانشگاه آزاد اهواز

توسلی، رویا

(لیسانس چوب)

کارشناس شرکت پرشیا پژوهش  
شریف

چراغی، حسین

(فوق لیسانس متالورژی)

کارشناس اداره کل استاندارد  
خوزستان

قمی، متینه

(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

کارشناس شرکت بازرسی انطباق  
آوران

کریمی بیرگانی، کاوه  
(مهندس شیمی صنایع پتروشیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد  
خوزستان

مهرمولایی، فاطمه  
(فوق لیسانس شیمی آلی)

کارشناس شرکت پرشیا پژوهش  
شریف

نجفی، زینب  
(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ روش‌های انجام آزمون
۴	۱-۴ آزمون غوطه‌وری استاتیکی
۸	۲-۴ آزمون الکتروشیمیایی
۱۶	۳-۴ آزمون کدری سولفید (غوطه‌وری چرخه‌ای)
۱۸	۴-۴ آزمون کدری سولفید (غوطه‌وری استاتیکی)
۲۱	۵-۴ آزمون غوطه‌وری استاتیکی به وسیله تجزیه متناوب
۲۷	پیوست الف (اطلاعاتی) روش‌های پیشرفته آزمون خوردگی
۳۴	پیوست ب (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

## پیش گفتار

استاندارد " دندانپزشکی - روش‌های آزمون خوردگی مواد فلزی " نخستین بار در سال ۱۳۸۳ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط شرکت زرگستر روبینا و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در سیصد و نوزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۰/۱۰/۱۵ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران ، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۵۴: سال ۱۳۸۳ می‌شود.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 10271: 2011, Dentistry - Corrosion test methods for metallic materials

# دندانپزشکی - روش‌های آزمون خوردگی مواد فلزی

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌های آزمون و روش‌های بررسی رفتار خوردگی مواد فلزی مورد استفاده در حفره دهانی است. در استانداردهای دیگری که ویژگی‌های چنین مواد فلزی را بیان می‌کنند، به روش‌های انجام آزمون و رویه‌های مطرح شده در این استاندارد ارجاع شده است. این استاندارد برای تجهیزات و آمالگام‌های<sup>۱</sup> دندانی و وسائل ارتودنسی کاربرد ندارد.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که مدارکی با ذکر تاریخ ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 1042, Laboratory glassware — One-mark volumetric flasks<sup>2</sup>.

2-2 ISO 1942, Dentistry — Vocabulary.

2-3 ISO 3585, Borosilicate glass 3.3 — Properties<sup>3</sup>.

2-4 ISO 3696, Water for analytical laboratory use — Specification and test methods<sup>4</sup>.

2-5 ISO 6344-1, Coated abrasives — Grain size analysis — Part 1: Grain size distribution te.

2-6 ISO 7183, Compressed-air dryers — Specifications and testing.

## ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ISO 1942 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

پتانسیل شکست ( $E_p$ )

کم‌ترین پتانسیل بی اثر که در آن خوردگی حفره‌ای یا شیاری یا هر دو نوع خوردگی آغاز شده و گسترش می‌یابد.

1- Amalgam

۲- استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۲۰، جهت بهره‌برداری موجود می‌باشد.

۳- استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۸۷۷، جهت بهره‌برداری موجود می‌باشد.

۴- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸، جهت بهره‌برداری موجود می‌باشد.

۲-۳

### خوردگی

برهم‌کنش فیزیکی - شیمیایی بین یک ماده فلزی و محیط اطراف آن که موجب تخریب کلی یا جزئی ماده یا تغییر در خواص آن می‌شود.

۳-۳

### پتانسیل خوردگی ( $E_{corr}$ )

پتانسیل مدار باز که تحت شرایط کاری یا شرایط آزمایشگاهی تقریباً نزدیک به شرایط کاری اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۳

### محصولات خوردگی

موادی که در نتیجه خوردگی تشکیل می‌شوند.

۵-۳

### خوردگی شیاری

خوردگی مربوط به یک روزنه باریک یا شیار که در داخل یا نزدیکی آن رخ می‌دهد.

۶-۳

### دانسیته جریان

مقدار جریان الکتریکی بر واحد سطح که در یک هادی جریان دارد.

۷-۳

### آزمون غوطه‌وری دینامیکی

آزمونی که در آن نمونه در معرض یک محلول خورنده قرار می‌گیرد، تحت شرایطی که حرکت نسبی بین نمونه و محلول وجود دارد.

۸-۳

### پتانسیل الکتروود

اختلاف پتانسیلی که بین نمونه و یک الکتروود مرجع وجود دارد.



۹-۳

### الکترولیت

محلول یا مایعی که جریان الکتریکی را بوسیله یون‌ها هدایت می‌کند.

۱۰-۳

### پتانسیل مدار باز ( $E_{ocp}$ )

پتانسیل یک الکتروود، نسبت به الکتروود مرجع یا یک الکتروود دیگر که در هنگام قطع جریان، اندازه‌گیری می‌شود.

۱۱-۳

### خوردگی حفره‌ای

خوردگی موضعی است که در حفره‌هایی در ماده ایجاد می‌شود.

۱۲-۳

### آزمون پتانسیودینامیک

آزمونی که در آن پتانسیل الکتروود در یک نرخ از پیش برنامه‌ریزی شده تغییر می‌کند و رابطه بین دانسیته جریان و پتانسیل الکتروود ثبت می‌شود.

۱۳-۳

### آزمون پتانسیواستاتیک

آزمونی که در آن پتانسیل الکتروود ثابت نگه داشته می‌شود.

۱۴-۳

### نمونه

مجموعه‌ای از تمام نمونه‌هایی از یک نوع ماده که برای یک نوع آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۵-۳

### مجموعه

زیر گروهی از نمونه‌های تهیه شده از یک نمونه را گویند.

۱۶-۳

### آزمونه

یک نماینده جداگانه از قطعه را جهت انجام آزمون گویند.

۱۷-۳

### آزمون غوطه‌وری استاتیکی

آزمونی که در آن نمونه در معرض یک محلول خورنده قرار می‌گیرد، تحت شرایطی که به طور موثری حرکت نسبی بین نمونه و محلول وجود ندارد.

۱۸-۳

### خوردگی تنشی

خوردگی ناشی از عمل ترکیبی تنش کششی استاتیک و یک الکترولیت را گویند.

۱۹-۳

### بزاقت مصنوعی

محیط آزمون را گویند که شیمی بزاقت طبیعی را شبیه سازی می‌کند.

۲۰-۳

### کدری<sup>۱</sup>

بی‌رنگی سطح در اثر واکنش شیمیایی بین ماده فلزی با محیط اطراف آن را گویند.

۲۱-۳

### پتانسیل جریان صفر

پتانسیلی که در آن جریان‌های کاتدی و آنودی مساوی باشد.

## ۴ روش انجام آزمون

### ۱-۴ آزمون غوطه‌وری استاتیکی

#### ۱-۱-۴ اطلاعات مورد نیاز

ترکیب، شامل عناصر خطرناک، مطابق استاندارد ملی مناسب مورد نیاز است.

#### ۲-۱-۴ کاربرد

این یک آزمون تسریع‌شده است که داده‌های کمی<sup>۲</sup> مربوط به یون فلزی آزاد شده از مواد فلزی را تحت شرایط آزمایشگاهی مطابق آنچه در حفره دهانی مورد انتظار است فراهم می‌کند.

#### ۳-۱-۴ مواد و یا واکنشگرها

۱-۳-۱-۴ لاکتیک اسید ( $C_3H_6O_3$ )، با درجه خلوص تجزیه‌ای برابر با ۹۰٪؛

---

1- Tarnish

2- Quantitative

۲-۳-۱-۴ سدیم کلرید (NaCl)، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛

۳-۳-۱-۴ آب، مطابق با آب درجه ۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸؛

۴-۳-۱-۴ اتانول یا متانول (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH یا CH<sub>3</sub>OH)، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛

۵-۳-۱-۴ هوای فشرده، بدون آب و روغن، مطابق با استاندارد ISO 7183؛

۴-۱-۴ وسایل

۱-۴-۱-۴ ظروف، از جنس شیشه بورسیلیکات، مطابق استاندارد ISO 3585 و با ابعاد تقریبی قطر داخلی

برابر ۱۶ mm و ارتفاع برابر ۱۶۰ mm؛

۲-۴-۱-۴ PH متر، با حساسیت حداقل  $\pm 0.05$  واحد pH؛

۳-۴-۱-۴ وسایل تجزیه شیمیایی، قادر به اندازه‌گیری غلظت یون بر حسب  $\mu\text{g/ml}$  (برای مثال

دستگاه‌های ICP<sup>۱</sup> و AAS<sup>۲</sup>)؛

۴-۴-۱-۴ ریزسنج<sup>۳</sup>، با درستی<sup>۴</sup>  $\pm 0.1$  mm؛

۵-۴-۱-۴ کاغذ سیلیکون کاربید، مطابق استاندارد ISO 6344-1؛

۶-۴-۱-۴ بالن‌های حجم سنجی، از جنس شیشه بورسیلیکات، با گنجایش ۱۰۰۰ mm<sup>۳</sup>، دسته A و مطابق

استاندارد ISO 1042؛

۵-۱-۴ آماده سازی محلول

محلول آبی شامل ۰/۱ mol/l لاکتیک اسید و ۰/۱ mol/l سدیم کلرید را بلافاصله قبل از استفاده تهیه کنید.

برای مثال، g (۰/۱ $\pm$ ۰/۱) لاکتیک اسید (۹۰٪) (بند ۱-۴-۳) و g (۵/۸۵ $\pm$ ۰/۰۵) سدیم کلرید (بند ۱-۴-۱)

را در تقریباً ۳۰۰ ml آب (بند ۳-۳-۱-۴) حل کنید. محلول را به درون یک بالن حجم سنجی

۱۰۰۰ ml (بند ۶-۴-۱-۴) انتقال داده و با آب تا خط نشانه رقیق کنید. میزان pH باید  $7.3 \pm 0.1$  باشد. در

غیر این صورت محلول را دور ریخته و واکنشگرها را بررسی کنید.

۶-۱-۴ نمونه‌ها

۱-۶-۱-۴ ساخت

۱-۱-۶-۱-۴ ریخته‌گری

آزمونه‌ها باید مطابق با دستورکار سازنده ریخته‌گری شوند.

---

1- Induced Coupled Plasma  
2- Atomic Absorption Spectroscopy  
3- Micrometer gauge  
4- Accurate

#### ۴-۱-۶-۱-۲ پیش ساخته

اجزا یا وسایل پیش ساخته باید به همان صورت دریافت شده استفاده شوند.

#### ۴-۱-۶-۱-۳ موارد دیگر

آزمونه‌هایی که با روش‌های دیگر مانند ماشین کاری، تفجوشی<sup>۱</sup>، سائیده شده<sup>۲</sup> و غیره تهیه می‌شوند باید بعد از تمیز کاری مناسب، در همان شرایط ساخت مورد آزمون قرار گیرند.

#### ۴-۱-۶-۱-۴ نمونه برداری

تعداد آزمونه‌ها باید برای تهیه هم‌زمان حداقل دو مجموعه کافی باشند (تعداد آزمونه‌ها در هر مجموعه می‌تواند متفاوت باشد).

#### ۴-۱-۶-۱-۴ مساحت سطح نمونه

مساحت سطح کل نمونه پس از آماده سازی باید حداقل برابر با  $10 \text{ cm}^2$  باشد.

#### ۴-۱-۶-۱-۴ آماده سازی

#### ۴-۱-۶-۱-۴ نمونه‌های ریختگی

هر نوع راهگاه<sup>۳</sup>، راه بار<sup>۴</sup> یا برجستگی‌های دیگر را از سطح نمونه حذف کنید. سطوح را به منظور حذف زوائد با ذرات آلومینای خالص با اندازه  $125 \mu\text{m}$  ماسه‌زنی کنید.

در صورت پیشنهاد، عملیات حرارتی را مطابق دستورکار سازنده، انجام دهید.

در مورد، مواد سرامیکی - فلزی، عملیات حرارتی را به مدت ۱۰ دقیقه در بالاترین دمای پیشنهادی توسط سازنده مواد فلزی انجام دهید و اجازه دهید در دمای اتاق خنک شود.

به غیر از مواردی که آزمونه‌ها به همان صورت دریافت شده آزمون می‌شوند، حداقل  $0.1 \text{ mm}$  از هر سطح را با یک دستگاه اندازه‌گیری [برای مثال ریزسنج (بند ۱-۴-۱)] اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روش‌های استاندارد متالوگرافی حذف کنید. برای هر ماده فلزی از یک کاغذ سنباده جدید استفاده کنید. کار را با کاغذ سیلیکون کاربید مرطوب P1200 (بند ۱-۴-۵) تمام کنید. اگر روش توضیح داده شده قابل اجرا نیست، سطوح را مطابق دستورکار سازنده برای استفاده پزشکی آماده‌سازی کنید.

مساحت سطح هر نمونه را با تقریب ۱٪ تعیین کنید.

سطوح را به وسیله امواج فراصوت به مدت ۲ دقیقه در اتانول یا متانول (بند ۱-۴-۳-۴) تمیز کنید و با آب (بند ۱-۴-۳-۳) بشوئید. سپس با هوای فشرده عاری از روغن و آب (بند ۱-۴-۳-۵) خشک کنید.

در صورتی که سطوح آزمونه در تماس با محلول شامل هر گونه تخلخل قابل مشاهده باشد، آزمونه باید رد شده و با یک آزمونه جدید جایگزین شود.

---

1- Sintered  
2- Eroded  
3- Sprues  
4- Runners

۴-۱-۶-۲ نمونه‌های ماشین‌کاری، تف‌جوشی، سائیده شده یا ساخته شده به وسیله شکل‌دهی

#### الکترولیزی

در صورت پیشنهاد آزمون‌ها را عملیات حرارتی کنید.

به غیر از مواردی که آزمون‌ها در شرایطی به همان صورت دریافت شده آزمون می‌شوند، حداقل  $0.1 \text{ mm}$  از هر سطح را با یک دستگاه اندازه‌گیری [برای مثال ریزسنج (بند ۴-۱-۴)] اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روش‌های استاندارد متالوگرافی حذف کنید. برای هر ماده فلزی از یک کاغذ سنباده جدید استفاده کنید. کار را با کاغذ سیلیکون کاربید مرطوب P1200 (بند ۴-۱-۴) تمام کنید.

مساحت سطح هر نمونه را با تقریب  $0.1 \text{ cm}^2 \pm$  تعیین کنید.

سطوح را به وسیله امواج فراصوت به مدت ۲ دقیقه در اتانول یا متانول (بند ۴-۱-۳) تمیز کنید.

نمونه را با آب (بند ۴-۱-۳) بشویید و سپس با هوای فشرده عاری از روغن و آب (بند ۴-۱-۳) خشک کنید.

#### ۴-۱-۶-۳ اجزاء یا وسایل پیش ساخته

سطوح را مطابق دستور کارسازنده برای استفاده پزشکی آماده سازی کنید.

مساحت سطح هر نمونه را با تقریب  $0.1 \text{ cm}^2$  تعیین کنید.

سطوح را به وسیله امواج فراصوت به مدت ۲ دقیقه در اتانول یا متانول (بند ۴-۱-۳) تمیز کنید.

نمونه را با آب (بند ۴-۱-۳) بشویید و سپس با هوای فشرده عاری از روغن و آب (بند ۴-۱-۳) خشک کنید.

#### ۴-۱-۷ روش انجام آزمون

مجموعه‌های آزمون هم‌زمان باید به روش یکسانی آماده‌سازی شود. اگر یک مجموعه شامل یک آزمون باشد، باید در یک ظرف (بند ۴-۱-۴) قرار بگیرد به طوری که آزمون به جز در حداقل خط یا نقطه تکیه گاه آن با سطح ظرف هیچ تماسی نداشته باشد. اگر یک مجموعه شامل دو آزمون یا بیشتر باشد، می‌توان آن‌ها را در یک یا چند ظرف جداگانه قرار داد، اما اگر بیش‌تر از یک آزمون در ظرف قرار داده شود نباید با هم تماس داشته باشند.

pH محلول را ثبت کنید. محلول را به مقدار کافی به هر کدام از ظرف‌ها اضافه کنید تا نسبت  $1 \text{ ml}$  از محلول بر  $1 \text{ cm}^2$  از مساحت سطح نمونه به دست آید. آزمون‌ها باید کاملاً توسط محلول پوشیده شود. حجم محلول را با درستی  $0.1 \text{ ml}$  ثبت کنید. درپوش ظرف را ببندید تا از تبخیر محلول جلوگیری شود. محلول را در دمای  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  به مدت (۷ روز  $\pm 1$  ساعت) نگاه‌دارید. آزمون‌ها را خارج کرده و pH محلول باقی‌مانده را ثبت کنید.

یک ظرف اضافی (بند ۴-۱-۴) جهت نگهداری محلول مرجع هم‌زمان با محلول‌های حاوی نمونه‌ها استفاده کنید. محلول مرجع باید در تصفیه‌میزان ناخالصی هر عنصر مورد نظر در محلول استفاده شود. حدوداً همان حجم از محلول مورد استفاده را برای محلول‌های حاوی آزمون‌ها اضافه کنید. حجم را با درستی  $0.1 \text{ ml}$  ثبت

کنید. درپوش ظرف را ببندید تا از تبخیر محلول جلوگیری شود و آن را در دمای  $C (37 \pm 1)$  برای دوره زمانی یکسان به همان صورت محلول‌های حاوی آزمون‌ها، نگاه‌داری کنید.

#### ۸-۱-۴ تجزیه عنصری

از وسایل تجزیه شیمیایی (بند ۴-۱-۴-۳) با حساسیت کافی استفاده کنید. محلول را به طور کمی و کیفی تجزیه کنید. تأکید باید بر روی عناصری باشد که در بند ۴-۱-۴ نشان داده شده‌اند، اما اگر ناخالصی‌هایی با غلظت بیش‌تر از ۰٫۱٪ یافت شوند، آن‌ها را نیز باید گزارش کنید. برای هر عنصر مورد نظر، مقدار به دست آمده برای عناصر در محلول مرجع را از مقدار به دست آمده در محلول آزمون کم کنید. عناصر بور، کربن و نیتروژن را نباید در نظر گرفت.

#### ۹-۱-۴ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۹-۱-۴ روش تجزیه و حدود تشخیص همه عناصر مورد تجزیه؛

۲-۹-۱-۴ هر انحرافی از آماده‌سازی آزمون‌ها (بند ۴-۱-۴-۶-۴ را ببینید) یا روش انجام آزمون (بند ۴-۱-۴-۷ را ببینید)؛

۳-۹-۱-۴ تعداد آزمون‌های سازنده یک مجموعه و تعدادی از مجموعه‌های مورد آزمون (بند ۴-۱-۴-۶-۲ را ببینید)؛

۴-۹-۱-۴ از تجزیه عنصری محلول خوردگی (بند ۴-۱-۴-۸ را ببینید)، یون آزاد شده برای هر عنصر از هر مجموعه (بند ۴-۱-۴-۶-۲ را ببینید) را به طور جداگانه بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع بر ۷ روز محاسبه و گزارش کنید. عناصر نشان داده شده در بند ۴-۱-۴ باید همچون هر یافته دیگر گزارش شوند. از این اطلاعات، مقادیر یون آزاد شده برای همه عناصر از هر مجموعه را جمع کنید، تا یون فلزی آزاد شده کل برای ماده دندان به دست آید. میانگین را با تقسیم نتایج بر تعداد مجموعه‌های مورد آزمون بدست آورده و به صورت میانگین یون آزاد شده کل برای ماده دندان بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع بر ۷ روز گزارش کنید؛

۵-۹-۱-۴ محصول خوردگی غیرقابل حل مانند رسوبات و بی‌رنگ شدن سطح آزمون‌ها؛

#### ۲-۴ آزمون الکتروشیمیایی

##### ۱-۲-۴ اطلاعات مورد نیاز

ترکیب، شامل عناصر خطرناک، مطابق استاندارد ملی مناسب مورد نیاز است.

##### ۲-۲-۴ کاربرد

این آزمون در نظر دارد تا قابلیت خوردگی مواد فلزی مورد استفاده در حفره دهانی را توسط پلاریزاسیون

پتانسیودینامیکی<sup>۱</sup> تعیین کند.

#### ۳-۲-۴ مواد و یا واکنشگرها

- ۱-۳-۲-۴ لاکتیک اسید ( $C_3H_6O_3$ )، با درجه خلوص شیمیایی ۹۰٪؛
- ۲-۳-۲-۴ سدیم کلرید (NaCl)، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛
- ۳-۳-۲-۴ سدیم هیدروکسید (NaOH)، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛
- ۴-۳-۲-۴ آب، مطابق با آب درجه ۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸؛
- ۵-۳-۲-۴ آرگون یا گاز نیتروژن، با حداقل درجه خلوص تجزیه‌ای ۹۹٫۹۹٪؛
- ۶-۳-۲-۴ اتانول یا متانول ( $CH_3OH$  یا  $C_2H_5OH$ )، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛
- ۷-۳-۲-۴ استون ( $C_3H_6O_3$ )، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛

#### ۴-۲-۴ وسایل

- ۱-۴-۲-۴ سل آزمون، از جنس شیشه بورسیلیکات، با دمای کنترل شده مطابق استاندارد ISO 3585  
[اگر آزمون در دمای  $C (23 \pm 2)$  انجام شود، سلول دوجداره لازم نیست]؛
- ۲-۴-۲-۴ پایش پتانسیواستات، محدوده پتانسیل برابر با  $\pm 1600$  mV، محدوده جریان خروجی برابر با  $10^{-9}$  A تا  $10^{-1}$  A؛
- ۳-۴-۲-۴ دستگاه اندازه‌گیری پتانسیل، با مقاومت ظاهری ورودی بیشتر از  $10^{11} \Omega$  و حساسیت/درستی در حدی که بتواند تغییر ۱ mV بالاتر از تغییر پتانسیل برابر  $\pm 1600$  mV را شناسایی کند؛
- ۴-۴-۲-۴ دستگاه اندازه‌گیری جریان، قادر به اندازه‌گیری جریان با تقریب ۱٪ از مقدار مطلق بیش از محدوده جریان بین  $10^{-9}$  A تا  $10^{-1}$  A؛
- ۵-۴-۲-۴ الکتروود کار، (نگهدارنده آزمونه)؛
- ۶-۴-۲-۴ الکتروودهای شمارشگر، ترکیبی از کربن شیشه‌ای<sup>۲</sup> با خلوص بالا یا پلاتین؛
- ۷-۴-۲-۴ الکتروود مرجع، الکتروود کالومل اشباع (SCE) یا الکتروود Ag/AgCl [الکتروود نقره کلرید اشباع (SSE)]؛
- ۸-۴-۲-۴ pH متر، با حساسیت برابر با  $\pm 0.05$  واحد pH؛
- ۹-۴-۲-۴ کاغذ سلیکون کاربرد، مطابق با استاندارد ISO 6344-1؛

1- Potentiodynamic Polarization

2- Vitreous

۱۰-۴-۲-۴ چسب الماس، به اندازه  $1\ \mu\text{m}$ ؛

۱۱-۴-۲-۴ ریزسنگ، با درستی  $0.1\ \text{mm}$ ؛

۱۲-۴-۲-۴ میکروسکوپ نوری، با حداقل بزرگنمایی ۵۰ برابر؛

#### ۵-۲-۴ آماده سازی محلول

۹۱۰ g NaCl (بند ۲-۳-۲-۴) را در حدود ۹۵۰ ml آب (بند ۴-۳-۲-۴) حل کنید. pH محلول را با لاکتیک اسید ۱٪ (بند ۱-۳-۲-۴) یا ۴٪ NaOH (بند ۳-۳-۲-۴) تا pH برابر با  $7.4 \pm 0.1$  تنظیم کنید. محلول را تا ۱۰۰۰ ml با آب رقیق کنید.

#### ۶-۲-۴ نمونه‌ها

#### ۱-۶-۲-۴ ساخت

#### ۱-۱-۶-۲-۴ ریخته‌گری

آزمونه‌ها باید مطابق با دستورکار سازنده ریخته‌گری شوند.

#### ۲-۱-۶-۲-۴ پیش ساخته

اجزاء یا وسایل پیش ساخته شده باید به همان صورت دریافت شده استفاده شوند.

#### ۳-۱-۶-۲-۴ موارد دیگر

آزمونه‌هایی که با روش‌های دیگر مانند ماشین‌کاری، تفجوشی، سائیده‌شده و غیره تهیه می‌شوند باید بعد از تمیز کاری مناسب، در همان شرایط ساخت مورد آزمون قرار گیرند.

#### ۲-۶-۲-۴ نمونه‌برداری

حداقل ۴ آزمونه باید مورد آزمون قرار بگیرد.

#### ۳-۶-۲-۴ مساحت سطح نمونه

مساحت سطح هر آزمونه بعد از تهیه، نباید کمتر از  $0.1\ \text{cm}^2$  باشد.

#### ۴-۶-۲-۴ آماده‌سازی

هر نوع راهگاه، راه بار یا برجستگی‌های دیگر را از سطح حذف کنید. سطوح را به منظور حذف زوائد با ذرات آلومینای خالص با اندازه  $125\ \mu\text{m}$  ماسه‌زنی کنید.

در صورت پیشنهاد، عملیات حرارتی را مطابق دستورکار سازنده انجام دهید.

در مورد مواد سرامیکی - فلزی، عملیات حرارتی را به مدت ۱۰ دقیقه در بالاترین دمای پیشنهادی توسط سازنده مواد فلزی انجام دهید و اجازه دهید در دمای اتاق خنک شود.

آزمونه‌ها باید به گونه‌ای آماده‌سازی شوند که یک سطح تخت آنها در معرض محیط خورنده قرار بگیرد، برای اتصال به دستگاه الکتروشیمیایی باید یک تماس مناسب فراهم شود.



الکتروود کار باید طوری آماده شود که از عدم وجود شکاف در آن اطمینان حاصل شود. روش پیشنهادی، مانت کردن<sup>۱</sup> در رزین اپوکسی است به طوری که اتلاف عایق الکتریکی در طی مانت کردن مشاهده نشود. در صورتی که هیچ شکافی در بررسی آزمون بعد از آزمون دیده نشود، به جای مانت کردن، یک نگه‌دارنده آزمون ( بند ۴-۲-۴-۵ ) می‌تواند استفاده شود .

به غیر از مواردی که آزمون‌ها در شرایطی به همان صورت دریافت شده آزمون می‌شوند، حداقل  $0.1 \text{ mm}$  از هر سطح آزاد را با یک دستگاه اندازه‌گیری [برای مثال ریزسنج (بند ۴-۲-۴-۱۱)] اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روش‌های استاندارد متالوگرافی حذف کنید. برای هر ماده فلزی از یک کاغذ سنباده جدید استفاده کنید. کار را با کاغذ سیلیکون کاربرد مرطوب P1200 (بند ۴-۲-۴-۹) تمام کنید. و با چسب الماس  $1 \mu\text{m}$  (بند ۴-۲-۴-۱۰) پولیش نهایی کنید. اگر روش توضیح داده شده قابل اجرا نیست، سطوح را مطابق دستورکار سازنده برای استفاده پزشکی آماده‌سازی کنید.

وجود ترک‌ها یا شیارها در فصل مشترک رزین - آزمون را با یک میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۵۰ برابر (بند ۴-۲-۴-۱۲) بررسی کنید. آزمون‌ها را در صورت وجود هر گونه شکاف یا درز تعویض کنید. نواحی در معرض با محلول هر آزمون را با دقت  $0.1 \text{ cm}^2$  تعیین کنید.

سطح را به طور دستی با استون (بند ۴-۲-۴-۷) تمیز کنید. سپس سطوح را با امواج فراصوت به صورت زیر تمیز کنید. سطح را با الکل (بند ۴-۲-۴-۶) و آب (بند ۴-۲-۴-۴) هر یک به مدت ۲ دقیقه تمیز کرده و نمونه را تا زمان انتقال به سل آزمون در آب (بند ۴-۲-۴-۴) نگه‌داری کنید.

#### ۴-۲-۷ روش انجام آزمون

#### ۴-۲-۷-۱ تنظیمات آزمون

مثالی از یک مدار اندازه‌گیری الکتروشیمیایی در شکل ۱ نشان داده شده است.

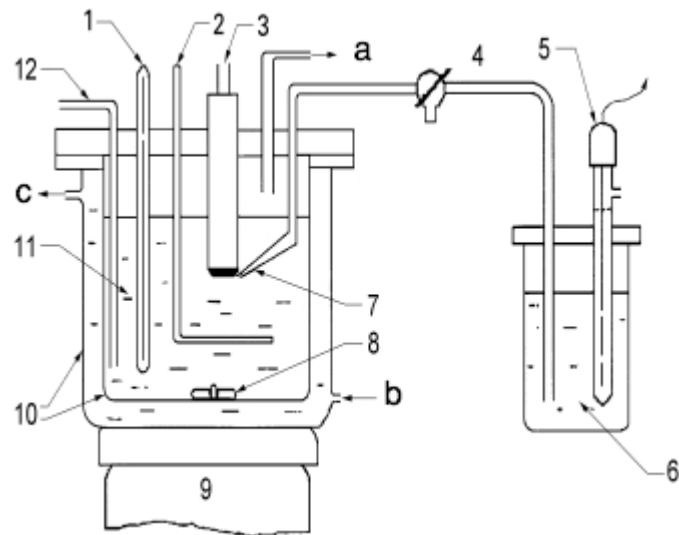
مثالی از یک سل الکترولیتی در شکل ۲ نشان داده شده است.

سل آزمون را با الکترولیت پر کنید.

آزمون را در دمای اتاق  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  انجام دهید. اگر انتقال فازی در محدوده بین دمای اتاق و دمای  $37^\circ\text{C}$  وجود دارد، باید دمای آزمون برابر با  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  استفاده شود.

الکتروود شمارشگر را پس از الکتروود مرجع در سل آزمون قرار دهید. سپس الکتروود کار را بدون غوطه‌ور شدن در سل آزمون قرار دهید. هم‌زن مغناطیسی را فعال کنید. حباب گاز نیتروژن یا آرگون عاری از اکسیژن را با نرخ حدود  $100 \text{ cm}^3/\text{min}$  برای حداقل  $30 \text{ min}$  درون الکتروولیت عبور دهید. الکتروود مرجع را تنظیم کنید. سرعت جریان گاز را تنظیم کنید تا به آرامی حباب خارج شود. اندازه‌گیری را شروع کنید.





### راهنما:

- 1 دماسنج
- 2 الکتروود شمارنده
- 3 الکتروود کار
- 4 پل الکتروولیت
- 5 الکتروود مرجع [ الکتروود کالومل اشباع (SCE) ]
- 6 محلول اشباع KCl
- 7 لوله مویین
- 8 همزن مغناطیسی (با روکش PTFE)
- 9 موتور همزن مغناطیسی
- 10 ظرف دو جداره
- 11 الکتروولیت
- 12 حباب ساز (با استفاده از نیتروژن)
- a خروجی گاز
- b ورودی آب
- c خروجی آب

شکل ۲- نمودار شماتیک از سل الکتروولیزی

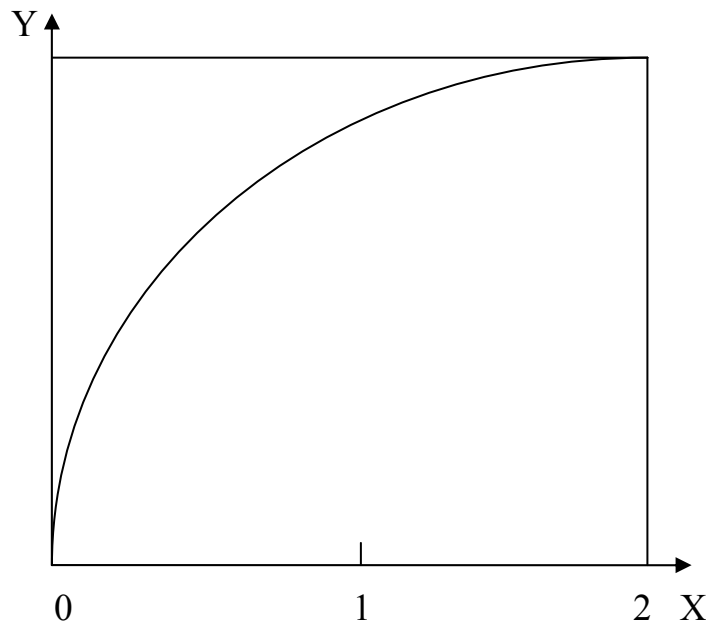
#### ۲-۷-۲-۴ اندازه‌گیری پتانسیل مدار باز

منحنی پتانسیل مدار باز را بر حسب زمان برای مدت ۲ ساعت رسم کنید. پتانسیل مدار باز ( $E_{ocp}$ ) را بر حسب mV (SCE) پس از غوطه‌وری به مدت (۲ ساعت  $\pm$  ۶ دقیقه) تعیین کنید. یک مثال از منحنی پتانسیل بر حسب زمان در شکل ۳ نشان داده شده است.

#### ۳-۷-۲-۴ اندازه‌گیری‌های پتانسیل (پلاریزاسیون آندی<sup>۱</sup>)

رویش پتانسیودینامیک را ۵ دقیقه پس از اتمام اندازه‌گیری پتانسیل مدار باز ( $E_{ocp}$ ) برابر با منفی  $150\text{ mV}$ ، شروع کنید.

سرعت رویش پتانسیودینامیکی بهتر است  $1\text{ mV/s}$  باشد تا آستانه دانسیته جریان  $0/2$  بزرگ‌تر از دانسیته جریان ثبت شده در قسمت شکست یک پتانسیل  $+1500\text{ mV}$  (SCE) [پتانسیل شکست ( $E_p$ ) برابر با  $+300\text{ mV}$ ] باشد. منحنی پتانسیل را بر حسب لگاریتم دانسیته جریان رسم کنید. رویش معکوس به سمت برگشت به پتانسیل اولیه برای دستیابی اطلاعات در مورد خوردگی حفره می‌تواند استفاده شود. یک مثال از منحنی پتانسیل بر حسب لگاریتم دانسیته جریان در شکل ۴ نشان داده شده است.

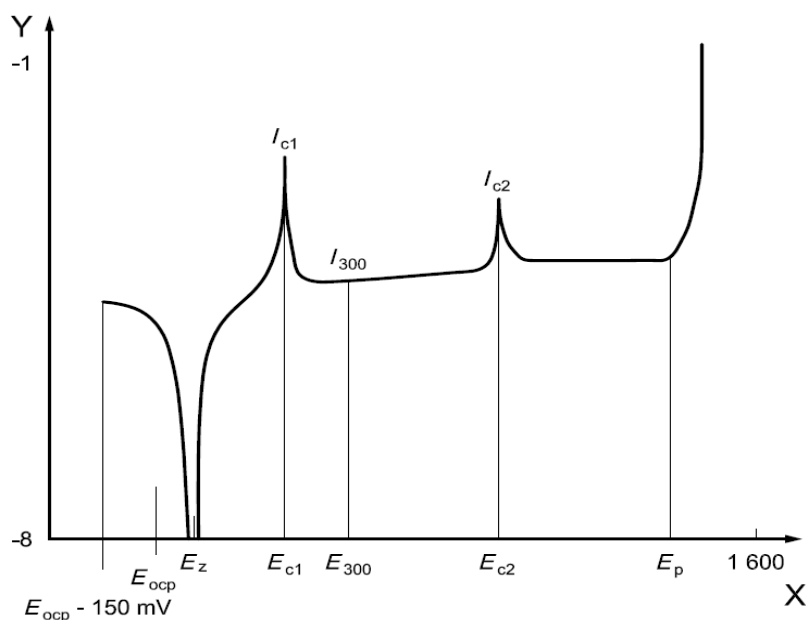


راهنما:

$X$  زمان بر حسب ساعت

$Y$  پتانسیل ( $E_{ocp}$ ) بر حسب میلی‌ولت (SCE)

شکل ۳- پتانسیل مدار باز بر حسب زمان



راهنما:

پتانسیل بر حسب میلی ولت (SCE)	X
لگاریتم جریان بر حسب $A/cm^2$	Y
الکتروود کالومل اشباع	SCE
پتانسیل مدار باز، بر حسب mV الکتروود (SCE)	$E_{ocp}$
پتانسیل مدار باز بر حسب mV	$E_{ocp} - 150mV$
پتانسیل در پتانسیل مدار باز $150\text{ mV}$ - بر حسب mV الکتروود (SCE)	$E_z$
اولین پیک پتانسیل فعال بر حسب mV الکتروود (SCE)	$E_{c1}$
پتانسیل جریان صفر بر حسب mV	$E_{300}$
دومین پیک پتانسیل فعال بر حسب mV الکتروود (SCE)	$E_{c2}$
پتانسیل شکست، بر حسب mV الکتروود (SCE)	$E_p$
دانسیتته جریان بر حسب $A/cm^2$ مربوط به $E_{c1}$	$I_{c1}$
دانسیتته جریان بر حسب $A/cm^2$ مربوط به $E_{300}$	$I_{300}$
پتانسیل در پتانسیل مدار باز به علاوه $300\text{ mV}$ بر حسب mV الکتروود (SCE)	$I_{c2}$

شکل ۴- لگاریتم دانسیته جریان بر حسب پتانسیل

#### ۸-۲-۴ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۴-۲-۸-۱ شناسه ماده فلزی مورد آزمون؛

۴-۲-۸-۲ جزئیات عملیات حرارتی، در صورت قابلیت اجرا؛

۴-۲-۸-۲ دمای آزمون  $(23 \pm 2)^\circ C$ ، اگر دمای  $37^\circ C$  استفاده شود، دلیلی برای این انتخاب؛

۴-۲-۸-۳ هرگونه انحراف از آماده سازی آزمون‌ها یا روش انجام آزمون؛

۴-۲-۸-۴ پتانسیل مدار باز ( $E_{ocp}$ )، بر حسب mV (SCE)؛

۴-۲-۸-۵ منحنی پتانسیل بر حسب لگاریتم دانسیته جریان یا منحنی پتانسیل بر حسب دانسیته جریان؛

۴-۲-۸-۶ پتانسیل جریان صفر،  $E_z$ ، بر حسب mV (SCE)؛

۴-۲-۸-۷ افت پتانسیل،  $E_p$ ، بر حسب mV متناظر با دانسیته جریان ( $I_p$ )، بر حسب  $A/Cm^2$ ؛

۴-۲-۸-۸ پتانسیل‌های فعال پیک،  $E_c$ ، بر حسب mV (SCE) بین  $E_z$  و  $E_p$  مطابق با دانسیته جریان ( $I_c$ )، بر حسب  $A/Cm^2$ ؛

۴-۲-۸-۹ دانسیته جریان، ( $I_{300}$ ) بر حسب  $A/Cm^2$  در پتانسیل  $(E_z+300)mV$  از الکتروود (SCE)؛

۴-۲-۸-۱۰ توضیح هر گونه تغییرات معنی دار الکتروولت یا سطوح ماده فلزی؛

اگر یک الکتروود مرجع با دیگر الکتروودهای کالومل اشباع (SCE) استفاده شود مقادیر پتانسیل گزارش شده باید به میلی ولت تبدیل شود.

۴-۳ آزمون کدوری سولفید (غوطه‌وری چرخه‌ای)

۴-۳-۱ اطلاعات مورد نیاز

ترکیب، شامل عناصر خطرناک، مطابق استاندارد ملی مناسب مورد نیاز است.

۴-۳-۲ کاربرد

این روش آزمون برای مواد فلزی دندان پزشکی که مستعد کدوری سولفید می‌باشند، مناسب است مانند آن‌هایی که حاوی نقره هستند.

#### ۳-۳-۴ مواد و یا واکنشگرها

۱-۳-۳-۴ سدیم سولفید آبدار ( $\text{Na}_2\text{S}$ )، با درجه خلوص تجزیه‌ای تقریباً ۳۵٪؛

۲-۳-۳-۴ آب، مطابق آب درجه ۲ در استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸؛

۳-۳-۳-۴ اتانول یا متانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  یا  $\text{CH}_3\text{OH}$ )، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛

۴-۳-۳-۴ استون ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )، با درجه خلوص تجزیه‌ای؛

۵-۳-۳-۴ هوای فشرده، بدون روغن و آب، مطابق با استاندارد ISO 7183؛

#### ۴-۳-۴ وسایل

##### ۱-۴-۳-۴ دستگاه فرو برنده

که هر آزمونه را در هر دقیقه به مدت ۱۰ ثانیه تا ۱۵ ثانیه در محلول آزمون با دمای کنترل شده در  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  فرو می‌برد.

۲-۴-۳-۴ کاغذ سیلیکون کاربرد، مطابق با استاندارد ISO 6344-1؛

۳-۴-۳-۴ ریز سنج، با درستی  $0.01 \text{ mm}$ ؛

##### ۵-۳-۴ تهیه محلول

یک محلول تازه برای هر آزمون تهیه کنید.  $22/3 \text{ g}$  سدیم سولفید آبدار (بند ۴-۳-۳-۱) را در آب (بند ۴ - ۲-۳-۳) حل کنید و تا  $1000 \text{ ml}$  با آب رقیق کنید.

##### ۱-۶-۳-۴ ساخت

آزمونه‌ها باید مطابق دستورکار سازنده ساخته شوند.

##### ۲-۶-۳-۴ نمونه‌برداری

حداقل دو آزمونه باید مورد آزمون قرار بگیرند.

##### ۳-۶-۳-۴ مساحت سطح نمونه

مساحت سطح هر آزمونه باید تقریباً  $1 \text{ cm}^2$  باشد.

##### ۴-۶-۳-۴ آماده سازی

هر نوع راهگاه، راه بار یا برجستگی‌های دیگر را از سطح نمونه حذف کنید. سطوح را به منظور حذف زوائد با ذرات آلومینای خالص با اندازه  $125 \mu\text{m}$  ماسه‌زنی کنید.

در صورت پیشنهاد، عملیات حرارتی را مطابق دستورکار سازنده انجام دهید.

در مورد مواد سرامیکی - فلزی، عملیات حرارتی را به مدت ۱۰ دقیقه در بالاترین دمای پیشنهادی توسط سازنده مواد فلزی انجام دهید و اجازه دهید در دمای اتاق خنک شود.

آزمونه‌ها را به صورت سرد مانع کنید. روش پیشنهادی همان مانع کردن در رزین اپوکسی است.

به غیر از مواردی که آزمون‌ها در شرایطی به همان صورت دریافت شده آزمون می‌شوند، حداقل  $0.1 \text{ mm}$  به زهر سطح آزاد را با یک دستگاه اندازه‌گیری [برای مثال ریزسنج (بند ۴-۳-۳)] اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روش‌های استاندارد متالوگرافی حذف کنید. برای هر ماده فلزی از یک کاغذ سنباده جدید استفاده کنید. کار را با کاغذ سیلیکون کاربید مرطوب P800 (بند ۴-۳-۳) تمام کنید. اگر روش توضیح داده شده قابل اجرا نیست، سطوح را مطابق دستورکار سازنده برای استفاده پزشکی آماده‌سازی کنید.

سطح را به طور دستی با استون (بند ۴-۳-۳) تمیز کنید. سپس سطوح را با امواج فراصوت به صورت زیر تمیز کنید: سطح را با الکل (بند ۴-۳-۳) و آب (بند ۴-۳-۳) هر یک به مدت ۲ دقیقه تمیز کرده و با هوای فشرده بدون روغن و آب (بند ۴-۳-۳) خشک کنید.

#### ۴-۳-۷ روش انجام آزمون

آزمون‌ها باید زیر هود مناسب با تخلیه هوا انجام شوند. یک قطعه مانع شده همراه یک محلول آزمون تازه آماده شده، در دستگاه فروبرنده (بند ۴-۳-۳) قرار دهید. محلول آزمون باید هر  $(1 \pm 24)$  ساعت تعویض شود. سپس آزمون را بعد از  $(1 \pm 72)$  ساعت خارج کرده با آب (بند ۴-۳-۳) بشویید. آزمون را در اتانول یا متانول (بند ۴-۳-۳) غوطه‌ور کنید. با هوای فشرده بدون روغن و آب (بند ۴-۳-۳) خشک کنید.

#### ۴-۳-۸ بازرسی

سطوح آماده‌سازی شده و آماده‌سازی نشده را به منظور آسیب‌های سطحی به‌طور چشمی و بدون ذره‌بین مقایسه کنید (بند الف ۷-۳-۱ را ببینید).

#### ۴-۳-۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۴-۳-۹-۱ هر انحراف از روش آزمون و/یا تهیه آزمون؛

۴-۳-۹-۲ جزئیات عملیات حرارتی، در صورت قابلیت اجرا؛

۴-۳-۹-۳ تفاوت‌های قابل مشاهده مربوط به رنگ و بازتاب پذیری با آزمون آماده‌سازی نشده؛

#### ۴-۴ آزمون کدوری سولفید (غوطه‌وری استاتیک)

#### ۴-۴-۱ اطلاعات مورد نیاز

ترکیب، شامل عناصر خطرناک، مطابق با استاندارد ملی مناسب مورد نیاز است.

#### ۴-۴-۲ کاربرد

این روش آزمون برای مواد فلزی دندان پزشکی که مستعد کدوری سولفید می‌باشند مانند آن‌هایی که حاوی نقره هستند، مناسب است.



#### ۳-۴-۴ مواد/ یا واکنشگرها

۱-۳-۴-۴ سدیم سولفید ۹آبه ( $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ )، بدرجه خلوص تجزیه‌ای بیش از ۹۸٪؛

۲-۳-۴-۴ آب، درجه ۲ طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸؛

۳-۳-۴-۴ اتانول یا متانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  یا  $\text{CH}_3\text{OH}$ )، درجه خلوص تجزیه‌ای؛

۴-۳-۴-۴ هوای فشرده، عاری از آب و روغن، مطابق استاندارد ISO 7183؛

#### ۴-۴-۴ وسایل

۱-۴-۴-۴ وسیله آزمون غوطه‌وری استاتیک، شامل یک ظرف شیشه‌ای از جنس بورسیلیکات (بند ۴-

۱-۴-۱) یا (بند ۴-۵-۴-۱) است که مطابق استاندارد ISO 3585 بوده و یک میله شیشه‌ای باریک با یک قلاب در انتها (یا یک سیم مقاوم به خوردگی). شکل ۵ را ببینید.

۲-۴-۴-۴ کاغذ سیلیکون کاربرد، مطابق با استاندارد ISO 6344-1؛

۳-۴-۴-۴ ریز سنج، با درستی  $0.1 \text{ mm}$ ؛

#### ۵-۴-۴ تهیه محلول

برای هر آزمون یک محلول تازه تهیه کنید.  $g (3.1 \pm 0.05)$  سدیم سولفید ۹ آبه (بند ۴-۴-۱-۳) را در آب (۲-۳-۴-۴) حل کنید و تا  $ml (100 \pm 10)$  با آب رقیق کنید. مراقب باشید که محلول زودتر از ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمون ساخته نشود.

#### ۶-۴-۴ نمونه‌ها

#### ۱-۶-۴-۴ ساخت

آزمونه‌ها باید مطابق با دستورکار سازنده ساخته شوند.

#### ۲-۶-۴-۴ نمونه‌برداری

حداقل دو نمونه باید آزمون شود.

#### ۳-۶-۴-۴ اندازه نمونه

هر آزمونه باید دارای عرض  $mm (15 \pm 0.5)$ ، طول  $mm (20 \pm 0.5)$  و ضخامت  $mm (1 \pm 0.5)$  داشته باشد.

#### ۴-۶-۴-۴ آماده سازی

هر نوع راهگاه، راه بار یا برجستگی‌های دیگر را از سطح نمونه حذف کنید. سطوح را به منظور حذف زوائد با ذرات آلومینای خالص با اندازه  $125 \mu\text{m}$  ماسه‌زنی کنید.

در صورت پیشنهاد، عملیات حرارتی را مطابق دستورکار سازنده انجام دهید.

در مورد مواد سرامیکی - فلزی، عملیات حرارتی را به مدت ۱۰ دقیقه در بالاترین دمای اشتعال پیشنهادی توسط سازنده مواد فلزی انجام دهید و اجازه دهید در دمای اتاق خنک شود.

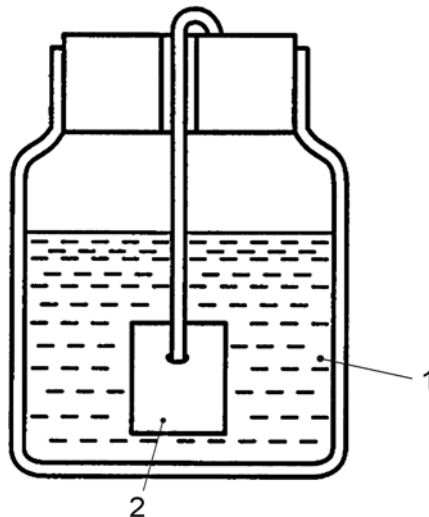
به غیر از مواردی که آزمون‌ها در شرایطی به همان صورت دریافت شده آزمون می‌شوند، حداقل  $0.1 \text{ mm}$  از هر سطح آزاد را با یک دستگاه اندازه‌گیری [ برای مثال ریزسنج (بند ۳-۴-۳-۴) ] اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روش‌های استاندارد متالوگرافی حذف کنید. برای هر ماده فلزی از یک کاغذ سنباده جدید استفاده کنید. کار را با کاغذ سیلیکون کاربید مرطوب P800 (بند ۲-۴-۳-۴) تمام کنید. اگر روش توضیح داده شده قابل اجرا نیست، سطوح را مطابق دستور کار سازنده برای استفاده پزشکی آماده‌سازی کنید.

به این ترتیب سطوح را با روش فراصوت به ترتیب زیر تمیز کنید: سطوح را با الکل (بند ۳-۳-۳-۴) و آب (بند ۲-۳-۳-۴) هر یک به مدت ۲ دقیقه تمیز کرده و با هوای فشرده بدون روغن و آب (بند ۵-۳-۳-۴) خشک کنید.

#### ۷-۴-۴ روش انجام آزمون

یک آزمون را در  $50 \text{ ml}$  محلول آزمون تازه تهیه شده درون دستگاه آزمون غوطه‌ورسازی استاتیک (بند ۴-۴-۴-۱)، فرو ببرید و آن را در دمای  $37 \pm 2^\circ \text{C}$  برای مدت  $(72 \pm 1)$  ساعت نگاه‌دارید. آزمون را برداشته و آبکشی کنید. آزمون را در اتانول یا متانول فرو ببرید. به وسیله هوای فشرده بدون روغن و آب آن را خشک کنید.

مثالی از یک وسیله آزمون غوطه‌ورسازی استاتیک به همراه یک آزمون غوطه‌ور در محلول آزمون در شکل ۵ نشان داده شده است.



راهنما:

1 محلول آزمون

2 آزمون

شکل ۵ - مثالی از یک وسیله غوطه‌ورسازی استاتیک آزمون

#### ۸-۴-۴ بازرسی

سطوح آماده‌سازی شده و آماده‌سازی نشده را از نظر وجود آسیب‌های سطحی و/یا رنگ زدایی ، به‌طور چشمی و بدون ذره‌بین مقایسه کنید ( پاراگراف‌های (و ۲ بند الف ۷-۳-۱ را ببینید)

#### ۹-۴-۴ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۹-۴-۴ هر انحراف از روش آزمون و/یا تهیه آزمون؛

۲-۹-۴-۴ جزئیات عملیات حرارتی ، در صورت قابلیت اجرا؛

۳-۹-۴-۴ تفاوت‌های قابل مشاهده از نظر رنگ و بازتاب‌پذیری<sup>۱</sup> نسبت به آزمون آماده‌سازی‌نشده؛

#### ۵-۴ آزمون غوطه‌وری استاتیک با تجزیه دوره‌ای

##### ۱-۵-۴ اطلاعات مورد نیاز

ترکیب، شامل عناصر خطرناک، مطابق استاندارد ملی مناسب مورد نیاز است.

##### ۲-۵-۴ کاربرد

به منظور ارزیابی سرعت خوردگی در طول زمان، لازم است تا اطلاعات خوردگی در یک دوره زمانی وسیع با تجزیه در زمان‌های میانه به دست آیند.

بر اساس آزمون غوطه‌ورسازی استاتیک در بند ۴-۱، که تا تاریخ این انتشار، به طور موفقیت آمیزی روی همه مواد فلزی دندانی عمده شامل بخش‌های پیش ساخته اجرا شده است؛ آزمون غوطه‌ورسازی استاتیک به همراه تجزیه دوره‌ای، اطلاعاتی را در مورد هر تغییری در سرعت خوردگی در طول دوره زمانی آزمون فراهم می‌کند.

همراه با سطح خوردگی تعیین شده بوسیله آزمون غوطه‌ورسازی استاتیک، ارزیابی کامل‌تری از رفتار خوردگی یک ماده فلزی برای کاربردهای دندانی‌شکی را می‌توان به دست آورد.

##### ۳-۵-۴ مواد و یا واکنشگرها

۱-۳-۵-۴ لاکتیک اسید ( $C_3H_6O_3$ )، با خلوص تجزیه‌ای برابر با ۹۰٪؛

۲-۳-۵-۴ سدیم کلرید (NaCl)، با خلوص تجزیه‌ای؛

۳-۳-۵-۴ آب، درجه ۲ مطابق با استاندارد ملی ۱۷۲۸؛

۴-۳-۵-۴ اتانول یا متانول ( $CH_3OH$  یا  $C_2H_5OH$ )، با خلوص تجزیه‌ای؛

۵-۳-۵-۴ هوای فشرده، بدون روغن و آب، مطابق استاندارد ISO 7183؛

#### ۴-۵-۴ وسایل

۴-۵-۴-۱ ظروف، از جنس شیشه بورسیلیکات، مطابق با استاندارد ISO 3585 و با ابعاد قطر داخلی تقریباً ۱۶ mm و ارتفاع ۱۶۰ mm؛

۴-۵-۴-۲ pH متر، با حساسیت حداقل  $\pm 0.05$  واحد pH؛

۴-۵-۴-۳ ابزار تجزیه شیمیایی، با قابلیت اندازه‌گیری غلظت یون بر حسب  $\mu\text{g/ml}$  (مثلاً ICP و AAS)؛

۴-۵-۴-۴ ریز سنج، با درستی ۰.۱ mm؛

۴-۵-۴-۵ کاغذ سیلیکون کاربید، مطابق با استاندارد ISO 6344-1؛

۴-۵-۴-۶ بالن های حجم سنجی، از جنس شیشه بورسیلیکات، ۱۰۰۰ ml، طبقه A، مطابق با استاندارد ISO 1043؛

#### ۴-۵-۵ تهیه محلول

یک محلول آبی که شامل ۰.۱ mol/l لاکتیک اسید و ۰.۱ mol/l سدیم کلرید است را درست قبل از استفاده تهیه کنید. برای مثال g (۰.۱±۱.۰) لاکتیک اسید ۹۰٪ (بند ۱-۳-۴) و g (۰.۵±۵.۸۵) سدیم کلرید (بند ۲-۳-۴) را در حدود ۳۰۰ ml آب (بند ۳-۳-۴) حل کنید.

آن را به بالن حجم سنجی ۱۰۰۰ ml (بند ۴-۶-۴) انتقال داده و آن را تا نشانه پر کنید. pH باید برابر با  $0.1 \pm 2.3$  باشد، در غیر اینصورت، محلول باید دور ریخته شده و واکنشگرها بررسی شوند.

#### ۴-۵-۶ نمونه‌ها

##### ۴-۵-۶-۱ ساخت

##### ۴-۵-۶-۱-۱ ریخته‌گری

آزمونه‌ها باید مطابق با دستورکار سازنده ریخته‌گری شوند.

##### ۴-۵-۶-۱-۲ پیش ساخته

وسایل/بخش‌های ساخته شده باید درشرایطی به همان صورت دریافت شده استفاده شوند.

##### ۴-۵-۶-۱-۳ موارد دیگر

آزمونه‌هایی که با روش‌های دیگر مانند ماشین‌کاری، تفجوشی، سائیده‌شده و غیره تهیه می‌شوند باید بعد از تمیز کاری مناسب، در همان شرایط ساخت مورد آزمون قرار گیرند.

##### ۴-۵-۶-۲ نمونه‌برداری

تعداد آزمونه‌ها باید به اندازه کافی باشد تا حداقل دو مجموعه موازی را تهیه کند. (تعداد آزمونه‌ها در یک مجموعه می‌تواند متغیر باشند).

اگر تحلیل آماری نتایج مورد نیاز باشد، باید حداقل ۵ مجموعه موازی آزمون شوند.

#### ۴-۵-۶-۳ مساحت سطح نمونه

مساحت سطح کل نمونه باید بعد از تهیه حداقل  $100\text{ cm}^2$  باشد.

#### ۴-۵-۶-۴ آماده سازی

#### ۴-۵-۶-۱ نمونه‌های ریخته گری

هر نوع راهگاه، راه بار یا برجستگی‌های دیگر را از سطح نمونه حذف کنید. سطوح را به منظور حذف زوائد با ذرات آلومینای خالص با اندازه  $125\text{ }\mu\text{m}$  ماسه‌زنی کنید.

در صورت پیشنهاد، عملیات حرارتی را مطابق دستورکار سازنده انجام دهید. در مورد مواد سرامیکی - فلزی، عملیات حرارتی را به مدت ۱۰ دقیقه در بالاترین دمای پیشنهادی توسط سازنده مواد فلزی انجام دهید و اجازه دهید در دمای اتاق خنک شود.

به غیر از مواردی که آزمون‌ها در شرایطی به همان صورت دریافت شده آزمون می‌شوند، حداقل  $0.1\text{ mm}$  از هر سطح را با یک دستگاه اندازه‌گیری [برای مثال ریزسنج (بند ۴-۳-۴)] اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روش‌های استاندارد متالوگرافی حذف کنید. برای هر ماده فلزی از یک کاغذ سنباده جدید استفاده کنید. کار را با کاغذ سیلیکون کاربید مرطوب P1200 (بند ۴-۵-۴) تمام کنید. اگر روش توضیح داده شده قابل اجرا نیست، سطوح را مطابق دستورکار سازنده برای استفاده پزشکی آماده‌سازی کنید.

مساحت نمونه را با تقریب ۱٪ تعیین کنید.

سطوح را با استفاده از امواج فراصوت به مدت ۲ دقیقه در اتانول یا متانول (بند ۴-۳-۵) تمیز کنید. با آب (بند ۴-۳-۵) شستشو دهید. با هوای فشرده بدون روغن و آب (بند ۴-۳-۵) خشک کنید. اگر یک آزمون شامل هر گونه تخلخل قابل مشاهده بر سطحی که در تماس با محلول است، باشد، آن آزمون باید رد شده و با آزمون جدید جایگزین شود.

#### ۴-۵-۶-۲ نمونه‌های ماشین‌کاری، تفجوشی، سائیده شده یا ساخته شده به وسیله شکل‌دهی

#### الکترولیزی<sup>۱</sup>

در صورت پیشنهاد، عملیات حرارتی را برای آزمون‌ها انجام دهید.

به غیر از مواردی که آزمون‌ها در شرایطی به همان صورت دریافت شده آزمون می‌شوند، حداقل  $0.1\text{ mm}$  از هر سطح را با یک دستگاه اندازه‌گیری [برای مثال ریزسنج (بند ۴-۵-۴)] اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روش‌های استاندارد متالوگرافی حذف کنید. برای هر ماده فلزی از یک کاغذ سنباده جدید استفاده کنید. کار را با کاغذ سیلیکون کاربید مرطوب P1200 (بند ۴-۵-۴) تمام کنید.

مساحت سطح هر نمونه را با دقت  $0.1\text{ cm}^2$  تعیین کنید.

سطوح را به کمک امواج فرا صوت به مدت ۲ دقیقه در اتانول یا متانول (بند ۴-۵-۳-۴) تمیز کنید. آبکشی را با آب (بند ۴-۵-۳-۳) انجام دهید و به وسیله هوای فشرده عاری از روغن و آب (بند ۴-۵-۳-۵) آن را خشک کنید.

#### ۴-۵-۶-۳ وسایل / یا بخش‌های پیش ساخته

آماده سازی سطوح را مطابق دستور کار سازنده برای استفاده پزشکی آماده سازی کنید.

مساحت سطح هر نمونه را با دقت  $\pm 0,1 \text{ cm}^2$  تعیین کنید.

سطوح را به کمک امواج فرا صوت به مدت ۲ دقیقه در اتانول یا متانول (بند ۴-۵-۳-۴) تمیز کنید. آبکشی را با آب (بند ۴-۵-۳-۳) انجام دهید و به وسیله هوای فشرده عاری از روغن و آب (بند ۴-۵-۳-۵) آن را خشک کنید.

#### ۴-۵-۷ روش انجام آزمون

مجموعه‌های آزمون همزمان باید به روش یکسانی آماده سازی شود. اگر یک مجموعه شامل یک آزمون باشد، باید در یک ظرف (بند ۴-۵-۴-۱) قرار بگیرد به طوری که آزمون به جز در حداقل خط یا نقطه تکیه گاه آن با سطح ظرف هیچ تماسی نداشته باشد.

اگر یک مجموعه شامل دو یا چند آزمون باشد، می‌توان آن‌ها را در تعداد مشابهی از ظروف قرار داد، اما اگر بیش‌تر از یک آزمون در ظرف قرار داده شود نباید با هم تماس داشته باشند.

pH محلول را ثبت کنید. به اندازه کافی محلول به هر کدام از ظرف‌ها اضافه کنید تا نسبت ۱ ml از محلول در  $1 \text{ cm}^2$  از مساحت سطح نمونه حاصل شود. آزمون‌ها باید کاملاً توسط محلول پوشش داده شوند. حجم محلول را با دقت  $0,1 \text{ ml}$  ثبت کنید. در ظرف را ببندید تا از تبخیر محلول جلوگیری شود. محلول را در دمای  $(37 \pm 1)^\circ \text{C}$ ، برای برنامه زمانی تعیین شده در جدول ۱ نگهدارید.

بعد از هر دوره زمانی، مجموعه آزمون‌ها را با یک ابزار غیر فلزی از ظرف‌های مجزا بلند کرده و آن‌ها را با آب مقطر آبکشی کنید و سپس مجموعه آزمون‌ها را با محلول تازه‌ای که در بالا توضیح داده شده در ظرف جدیدی قرار دهید.

محلول‌ها را برای تشخیص یون‌های آزاد شده مطابق بند ۴-۵-۱ در زمان‌هایی که در جدول ۱ با عبارت "الزامی" مشخص شده‌اند، تجزیه کنید. اگر آزمون غوطه‌ورسازی استاتیک اجرا شده است، نتایج این آزمون را می‌توان در برآورد مقادیر روز هفتم در زمان منقضی شده استفاده کرد. تجزیه محلول طبق دوره‌های زمانی "توصیه شده" که در جدول ۱ مشخص شده است باعث افزایش اطلاعات به دست آمده از آزمون می‌شوند.

از یک ظرف اضافی (۴-۵-۴-۱)، جهت نگهداری یک محلول مرجع که به موازات محلول‌های حاوی آزمون نگهداری شده است استفاده کنید. محلول مرجع باید برای به دست آوردن سطح ناخالصی هر عنصر مورد نظر در محلول مورد استفاده قرار بگیرد. تقریباً حجم مشابهی از محلول مورد استفاده برای محلول‌های حاوی

آزمونه‌ها را اضافه کنید و حجم را با درستی  $0.1\text{ml}$  ثبت کنید. درپوش ظرف را ببندید تا از تبخیر محلول جلوگیری شود و آن را در دمای  $C (37 \pm 1)$  به مدت ۴۲ روز نگاه دارید.

#### جدول ۱ - برنامه زمانی تعیین سرعت خوردگی

برنامه زمانی	زمان سپری شده	تجزیه
$1d \pm 1h$	۱	الزامی
$3d \pm 1h$	۴	الزامی
$3d \pm 1h$	۷	الزامی اگر آزمون غوطه‌وری خوردگی عملکردی نباشد در غیر این صورت تجزیه توصیه می‌شود.
$7d \pm 1h$	۱۴	توصیه شده
$7d \pm 1h$	۲۱	-
$7d \pm 1h$	۲۸	-
$7d \pm 1h$	۳۵	توصیه شده
$7d \pm 1h$	۴۲	الزامی

#### ۴-۵-۸ تجزیه عنصری

از وسایل تجزیه شیمیایی (بند ۳-۴-۵-۴) با حساسیت کافی استفاده کنید. محلول را به صورت کمی و کیفی تجزیه کنید. تاکید باید بر عناصر نشان داده شده در (بند ۴-۵-۱) باشد، اما اگر ناخالصی با غلظت بیشتر از ۰.۱٪ یافت شد باید گزارش شود. برای هر عنصر مورد نظر، مقدار به دست آمده برای عنصر در محلول مرجع را از مقدار به دست آمده در محلول آزمون کم کنید. عناصری مثل بور، کربن و نیتروژن اهمیتی ندارند.

#### ۴-۵-۹ گزارش آزمون

گزارش آزمایش باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

۴-۵-۹-۱ روش تجزیه و حدتشخیص همه عناصر تجزیه شده؛

۴-۵-۹-۲ هر انحرافی از روش آماده‌سازی آزمون‌ها (بند ۴-۵-۶-۴) را ببینید) یا روش آزمون؛

۴-۵-۹-۳ تعداد آزمون‌ها تشکیل دهنده مجموعه‌های آزمون (بند ۴-۵-۶-۲) را ببینید)؛

۴-۵-۹-۴ از تجزیه عنصری محلول خوردگی (بند ۴-۵-۸) را ببینید، محاسبه آزاد شدن یون را به طور جداگانه برای هر عنصر در هر مجموعه (بند ۴-۵-۶-۲) را ببینید) بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع در دوره زمانی که در جدول ۱ به صورت "الزامی" مشخص شده؛

هر عنصری که در بند ۴-۵-۱ مشخص شده باید همان گونه که دیگران یافته‌اند گزارش شود. از این اطلاعات، آزاد شدن کلی یون را پس از تمام زمان انقضا در آزمایش برای هر عنصر در هر مجموعه به طور مجزا محاسبه و گزارش کنید. برای هر عنصر در یک مجموعه، این حالت با محاسبه مجموع مقادیر یون آزاد

شده در زمان‌هایی که در جدول ۱ به صورت " الزامی " مشخص شده انجام شده و حاصل آن مقدار کلی یون آزاد شده بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع برای آن عنصر پس از زمان انقضای آزمون است. از این اطلاعات سرعت آزاد شدن یون را بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع در روز، برای هر عنصر در مجموعه به‌طور مجزا محاسبه و گزارش کنید. برای هر عنصر منفرد در یک مجموعه، این امر با در نظر گرفتن مقدار کل یون‌های آزاد شده در طول کل زمان سپری شده آزمون، که در بالا محاسبه شده، و تقسیم این مجموع بر تعداد کل روزهای آزمون، برای بدست آوردن یک سرعت آزادسازی یون بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع در هر روز برای آن عنصر است انجام می‌شود. از این اطلاعات، مجموع مقادیر نرخ یون‌های آزاد شده برای تمام عناصر هر مجموعه را برای بدست آوردن کل میزان یون‌ها برای مواد مربوط به دندان به دست آمده‌اند، جمع کنید.

میانگین نتایج را با تقسیم بر تعداد مجموعه‌های آزمون به دست آورده و به صورت میانگین نرخ کل آزاد شدن یون‌ها برای مواد دندانی بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع در روز گزارش کنید.

**یادآوری** - اگر تجزیه محلول طی دوره‌های زمانی " توصیه شده " که در جدول ۱ مشخص شده باشد، این امر اطلاعات به دست آمده از آزمون را افزایش می‌دهد و می‌تواند در محاسبات ( بند ۴-۵-۹-۴ ) گنجانده شود.

۴-۵-۹-۵ فرآورده نامحلول خوردگی مانند رسوب‌ها و رنگ‌زدایی در سطح آزمونه؛



## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

#### توسعه روش‌های آزمون خوردگی

##### الف-۱ توسعه روش

###### الف-۱-۱ اصول

اصول: روش‌های آزمون باید مطابق مواد (بند الف-۲) انتخاب شوند. مفاد بندهای الف-۳ تا الف-۶ باید اجرا شوند تا از سرعت‌های خوردگی قابل قبول از نظر کارایی و ایمنی اطمینان حاصل شود.

###### الف-۱-۲ ایمنی - تولید فرآورده‌های خوردگی مضر

کدوری و خوردگی نشان دهنده‌ی به وجود آمدن ترکیبات فلزی است، که یا از طریق واکنش‌های اکسیداسیون ساده و یا از طریق آزاد شدن فلز یا یون‌های فلزی به وجود می‌آیند. ضروری است اثرات زیان‌بار این فلزات و یا ترکیبات فلزی مثل اکسیدها، سولفیدها، کلریدها، مواد آلی فلزی یا گونه‌های دیگر، بر بافت‌های نرم و سخت و قسمت‌های دیگر بدن مطابق با استاندارد ISO 7405 و قسمت‌های مربوطه از استاندارد ISO 10993 ارزیابی شوند.

###### الف-۱-۳ بازده - اتلاف ماده

اگر میزان اتلاف ماده به قدری باشد که ضخامت نمونه به میزان قابل توجهی کاهش دهد، کاهش استحکام مکانیکی به گونه‌ای که خرابی به واسطه شکستگی و خمیدگی رخ دهد، انتظار می‌رود. جایی که ماده توسط خوردگی حفره‌ای و یا دیگر مکانیزم‌های زبر کننده سطح از بین می‌رود، محل‌هایی برای رسوب و رشد پلاک شکل می‌گیرد. خوردگی حفره‌ای ممکن است باعث آغاز شکست خستگی شود.

###### الف-۱-۴ زیبایی شناسی - تغییرات ظاهری

خوردگی می‌تواند منجر به کم شدن درخشندگی ماده و بی‌رنگ شدن، به دلیل پراکندگی نور منعکس شده- گردد. تغییر رنگ واقعی از فرآورده‌ها رنگی واکنش، برای ماندن بر روی سطح به اندازه کافی چسبنده هستند که روی سطح باقی بمانند، نتیجه می‌شود. محصولات رنگی معروف شامل سولفیدهای مس و نقره می‌باشند. با استفاده از عناصر جدید در مواد فلزی دندان پزشکی، ممکن است ترکیبات رنگی دیگری نیز به وجود بیایند. تغییر رنگ به تنهایی نمی‌تواند روی ایمنی یا کارایی تاثیر گذار باشد.

##### الف-۲ روش انجام آزمون

انتخاب ملزومات شرایط آزمون باید مطابق بندهای الف-۳ تا الف-۶ که مسیرهای ارجح برای چهار مولفه پایه را توصیف می‌کنند صورت گیرد: نوع آزمون، نوع نمونه، محیط آزمون و دیگر شرایط. روش‌های ارزیابی باید مطابق (بند الف-۷) انتخاب شود. ممکن است در صورت لزوم بیشتر از یک روش برای ارزیابی به کار گرفته شود.

### الف - ۳ نوع آزمون

#### الف - ۳-۱ شرایط عمومی

در این روش، در همه مواردی که شرایط به وضوح مشخص نشده‌اند، احتیاجات مورد نظر ماده (یا کاربرد) استاندارد باید ذکر شود به طوری که توضیح شرایط آزمون کافی و کامل باشد. همه آزمون‌ها و نگهداری و حمل محلول باید در ظروف دردار از جنس شیشه بروسیلیکات یا پلیمرهای پرنشده غیر آلوده مثل پلی استایرین، پلی اتیلن با دانسیته بالا، پلی پروپیلن یا پلی تترا فلوروئورو اتیلن (تفلون) انجام شود. آزمون‌ها باید حداقل دوبار انجام شده و نمونه‌ها و آزمون‌های بیشتر توصیه می‌شود.

#### الف - ۳-۲ نمونه برداری

##### الف - ۳-۲-۱ نمونه‌های مانت شده

توصیه می‌شود محلول‌ها در فاصله زمانی حداکثر ۷ روز مجدداً تهیه کنید و در صورتی که برای تجزیه عناصر فلزی حل شده و یا اتلاف مواد، مورد نیاز باشند، محلول‌ها را پس از استفاده در ظروف جداگانه نگهداری کرده و جداگانه تجزیه کنید.

##### الف - ۳-۲-۲ مدت

شرایط در معرض بودن<sup>۱</sup> بکار برده شده برای نشان دادن شبیه سازی شرایط دهانی مطابق با بندهای الف - ۳-۲-۱ و الف-۵-۳ نباید بیش از ۲۸ روز مورد استفاده قرار گیرد. سایر شرایط خاص نشان دهنده چالش‌های دهانی کوتاه مدت، باید زمان کم‌تر از ۲۴ ساعت نبوده و یا اگر آزمون به صورت دیگری تعریف شده، کم‌تر از ۲۰ چرخه کامل عملیاتی انجام نشود.

#### الف - ۳-۳ در معرض بودن

##### الف - ۳-۳-۱ شبیه سازی محیط دهان

به روش‌های زیر:

##### الف - ۳-۳-۱-۱ غوطه‌وری

نمونه‌ها باید در محیطی انتخاب شده از فهرست (بند الف-۵) غوطه‌ور شوند.

##### الف - ۳-۳-۱-۲ غوطه‌وری استاتیک

برای شبیه سازی ساخت پلاک در مناطق درونی استفاده می‌شود. هیچ گونه حرکت نسبی بین نمونه و محیط مجاز نمی‌باشد.

##### الف - ۳-۳-۱-۳ غوطه‌وری دینامیک

برای شبیه سازی شرایط عمومی حفره دهانی استفاده می‌شود، حرکت نمونه و/ یا محیط اطراف حرکت داده می‌شوند.

### الف-۳-۳-۱-۴ غوطه‌ورسازی چرخه‌ای

برای شبیه سازی باز و بسته شدن دهان استفاده می‌شود، نمونه به صورت چرخه‌ای در معرض محیط و به دنبال آن هوای محیط قرار می‌گیرد.

### الف-۳-۳-۲ ولتامتری

دو نوع در معرض بودن ولتامتری ممکن می‌باشد:

### الف-۳-۳-۱-۲ پتانسیواستاتیک

### الف-۳-۳-۲-۲ پتانسیودینامیک

### الف-۴-۱ نوع نمونه

### الف-۴-۱-۱ نمونه مانت شده

ممکن است نمونه‌ها، به همان صورت تهیه شده و یا بعد از آماده سازی یا ساخت (مثل ریخته گری) مطابق دستور کار سازنده و دستورکار مطلوب آزمایشگاهی، آماده شوند.

توصیه می‌شود نمونه متشکل از یک یا چند جزء که از یک جنس و یک سری ساخت هستند، باشد که بعد از تمیز کاری و چربی زدایی در یک رزین خودگیر، به گونه‌ای که درجه حرارت نمونه به بیش از  $50^{\circ}C$  نرسد، مانت شود.

اگر نمونه متشکل از چند گونه باشد، گونه‌ها نباید با یکدیگر تماس داشته باشند. باید تا هنگامی که رزین به صورت مایع است، فشار کاهش یابد تا از تر شدن خوب سطح ماده اطمینان حاصل شده و در نتیجه از خوردگی شپاری در فصل مشترک رزین/ ماده اجتناب شود.

پرکننده‌های غیر فلزی که با محلول تماس مورد نظر واکنش نمی‌دهند را می‌توان در حین آسیاب کردن و پرداخت، برای تنظیم سختی موثر پایه نصب و کمک به حفظ مسطح بودن نمونه، استفاده کرد.

### الف-۴-۱-۱-۱ نمونه پرداخت شده

هنگامی که رزین مانت‌کننده سخت شد، سطح مورد آزمون باید توسط روش‌های استاندارد فلزشناسی پرداخت شود، مگر در شرایطی که سازنده و یا روش آزمون مورد استفاده، دستورالعمل‌های خاص دیگری ارائه داده باشند.

سطوح آماده شده نباید در معرض هیچ شیء فلزی قرار داشته باشند. نباید از حلالی که ممکن است اجزای رزین مانت‌کننده را حل کند، استفاده شود.

برای اطمینان از عدم وجود عیوب بزرگ (تخلخل، ترک) در سطح نمونه یا رزین مانت‌کننده، توصیه می‌شود نمونه‌ها زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰ برابر بررسی شوند. برای برطرف کردن چنین عیوبی نمونه باید دوباره سنباده‌زنی شود.

### الف-۴-۱-۲ نمونه‌های زبر

در صورتی که نمونه در شرایط پرداخت نشده مورد آزمون قرار گیرد، باید روش تمام‌کاری سطح مشخص شود، به عنوان مثال شن‌پاشی با ذرات  $50 \mu m$  آلومینا.

نمونه‌ها باید جداگانه در ۵۰ ml محلول آزمون به ازای هر  $1 \text{ cm}^2$  از سطح فلز، غوطه‌ور شوند. برای آزمون‌های ولتامتری، نمونه (منفرد) باید دارای یک اتصال الکتریکی و یک سیم عایق‌شده بوده به گونه‌ای که اتصال آن به مدار اندازه‌گیری ممکن باشد. در صورتی که نمونه دستخوش هیچ گونه فرآیندی که بر ساختار یا ترکیب سطح تماس اثر داشته باشد، نشود و سیم نیز با محلول تماس پیدا نکند.

#### الف-۴-۲ نوع باز

نمونه‌ها باید مطابق با دستور العمل سازنده، مناسب برای آزمون مکانیکی در صورت استفاده، و مطابق با استاندارد مربوطه، آماده شوند. در مدت زمان انجام آزمون تماس، نمونه باید روی یک لبه چاقو یا یک سه پایه کوچک از جنس شیشه یا ماده پلیمری غیر واکنش دهنده، تکیه داشته باشند، به طوری که نقاط تماس از روی نواحی بحرانی آزمون دور باشند. البته چنانچه در پایان آزمون در این نقاط تماس خوردگی مانند تغییر رنگ یا ایجاد حفره مشاهده شود، این چینش آزمون قابل قبول نیست. نمونه‌ها را باید طبق جزئیات زیر پرداخت شده یا پرداخت نشده رها نمود:

#### الف-۴-۲-۱ نمونه پرداخت شده

نمونه‌ها باید طبق روش‌های استاندارد فلزشناسی، پرداخت شوند.

#### الف-۴-۲-۲ نمونه زبر

در صورتی که نمونه در شرایط بدون پرداخت است، روش تمام کاری سطح باید مشخص شود، به عنوان مثال سنگ زنی با ذرات  $50 \mu\text{m}$  آلومینا.

#### الف-۴-۳ انواع دیگر

نمونه‌های خاص ممکن است برای انواع خوردگی‌های زیر مورد نیاز باشند:

#### الف-۴-۳-۱ خوردگی تنشی

#### الف-۴-۳-۱-۱ تنش استاتیکی

#### الف-۴-۳-۱-۲ تنش خستگی

#### الف-۴-۳-۲ خوردگی شبیاری<sup>۱</sup>

#### الف-۴-۳-۳ خوردگی خراشی<sup>۲</sup>

#### الف-۵ محیط آزمون

#### الف-۵-۱ کلیات

در صورت لزوم تمامی محلول‌ها با استفاده از آب دیونیزه و واکنشگرهای با درجه تجزیه‌ای (اگر درجه تجزیه‌ای نباشند، بالاترین درجه معمول) تهیه شده و از ظروف حجم سنجی از جنس بورسیلیکات نوع A در  $23^\circ\text{C}$  استفاده شود. از معرف‌هایی که دارای بازدارنده‌های رشد میکروارگانیسم‌ها از نوع نمک فلزات

1- Crevice corrosion

2- Fretting corrosion

سنگین هستند، نباید استفاده شود. در حین انجام آزمون از هر گونه تماس با مواد فلزی به جز نمونه، اجتناب شود. برای محدود کردن رشد میکرواورگانیسم‌ها، محلول‌ها بعد از آماده‌سازی و تا زمان استفاده در یخچال (۴°C) نگهداری شوند.

#### الف-۵-۲ بزاق مصنوعی

روش آزمون باید شامل ترکیب، مراحل آماده‌سازی، الزامات ذخیره سازی و مدت زمان نگهداری محلول باشد. مثالی از یک محلول قابل قبول توسط لنگ و دارول<sup>۱</sup> معرفی شده است. تمامی مواد شیمیایی از نوع تجزیه‌ای باشد.

محلول کار از مخلوط کردن یک قسمت از هر محلول ذخیره و رقیق سازی تا غلظت کار، و در صورت لزوم تنظیم pH قبل از تنظیم حجم با استفاده از کلریدریک اسید ۱ مولار یا سدیم هیدروکسید ۱ مولار نهایی، تهیه می‌شود.

#### الف-۵-۳ مایع پلاک مصنوعی

روش آزمون باید شامل ترکیب، مراحل آماده سازی، الزامات ذخیره سازی و مدت زمان نگهداری محلول، به عنوان مثال محلول کلرید/لاکتیک اسید، باشد

#### الف-۵-۴ محلول سولفید

روش آزمون شامل ترکیب، مراحل آماده سازی، الزامات ذخیره سازی و مدت زمان نگهداری محلول، به عنوان مثال سدیم سولفید، باشد.

#### الف-۵-۵ محلول کلرید

روش آزمون شامل ترکیب، مراحل آماده‌سازی، الزامات ذخیره‌سازی و مدت زمان نگهداری محلول به عنوان مثال محلول ایزوتونیک نمک سدیم کلرید، باشد.

#### الف-۵-۶ مواد غذایی

روش آزمون شامل ترکیب، مراحل آماده‌سازی، الزامات ذخیره‌سازی و مدت زمان نگهداری محلول باشد.

#### الف-۶-۶ شرایط دیگر

#### الف-۶-۱ تخریب نشده

توصیه می‌شود هیچ گونه تخریبی در محصولات خوردگی یا مواد دیگری که می‌توانند روی سطح نمونه تجمع کنند، وجود نداشته باشد.

#### الف-۶-۲ تخریب شده

باید حرکتی نسبی بین نمونه‌ها و محلول وجود داشته باشد به عنوان مثال همزدن یا اغتشاش توسط حباب-های گازی.

جزئیات چنین فرآیندهایی باید در روش آزمون آورده شود.

### الف-۶-۳ برس کشی شده<sup>۱</sup>

برای محدود کردن تاثیر تجمع محصولات خوردگی (یا میکروارگانيسمها، اگر بتوانند رشد کنند) باید نمونه‌ها توسط یک برس خیلی نرم- مو یا کاردک (با موهای طبیعی یا پلیمری غیر آلوده و یا یک پارچه متصل به یک پایه غیر آلوده) برس زده شوند. به طوری هر ماده جدا شده، در قسمتی از محلول تماسی که باید عناصر فلزی محلول در آن یا اتلاف مواد آن آنالیز شود، باقی بماند. اگر دوره آزمون بیشتر از ۲۴ ساعت باشد، برس کشی باید حداقل در فواصل زمانی ۲۴ ساعته انجام شود. در غیر این صورت برای آزمون‌هایی با دوره کوتاه‌تر، برس کشی در فاصله زمانی یک ساعته و یا یک بار در هر چرخه انجام شود.

### الف-۷ ارزیابی

#### الف-۷-۱ تجزیه عنصری

تجزیه عنصری کمی باید در صورت لزوم برای تعیین نوع و مقدار عناصر حل شده و در نتیجه مقدار کل اتلاف ماده، انجام شود. ممکن است هر روش تجزیه‌ای با حساسیت مناسب به کار گرفته شود. اگر غلظت متناظر با عبور/شکست با C نشان داده شود، حد تشخیص هر عنصر باید حداکثر  $0.02C$  باشد و درستی روش بدتر از (بیشتر از)  $10\%C \pm$  نباشد. ممکن است برای عناصر موجود در نمونه بیش از یک روش برای الزامات ذکر شده در بالا، مورد استفاده قرار گیرد. عناصری را که مقادیری بیش از  $0.1\%$  کسر جرمی دارند و مدارک دیگری مبنی بر احتمال حساسیت یا خطر بیولوژیکی در مورد آنها وجود دارد، گزارش کنید. سرعت اتلاف را به ازای واحد مساحت سطحی که با محلول در تماس است، گزارش کنید.

#### الف-۷-۲ تجزیه وزن سنجی

یک ترازوی تجزیه‌ای با حساسیت کافی باید استفاده شود. احتیاط کافی به کار برده شود تا از عدم حضور مزاحمت ناشی از انتقال محلول غوطه‌ورسازی اطمینان حاصل شود. نمونه‌ها با آب یون‌زدایی شده شسته شوند و با جریان شدید هوای عاری از روغن خشک شوند. نتایج کاهش جرم بر حسب یک واحد مناسب که نشان دهنده سرعت اتلاف به ازای مساحت واحد ماده در تماس با محلول باشد، گزارش شود. مساحت ماده آزمون در تماس باید به وسیله یک روش مناسب با دقت کلی حداقل  $1\% \pm$ ، معین شود.

#### الف-۷-۳ بازرسی

#### الف-۷-۳-۱ چشمی

بررسی چشمی به منظور تعیین این که "هیچ‌گونه نشانه‌ی قابل مشاهده از تغییر یا زوال" وجود ندارد، صورت می‌گیرد. مقایسه باید با یک نمونه از ماده مورد آزمون که به طور همزمان، از سری ساخت مشابه نمونه، به روش مشابه و با سطح تماس مشابه نمونه‌ها تهیه شده، انجام شود. نمونه مرجع باید در حین انجام آزمون خوردگی در یک خشک‌کننده و در معرض هوا نگهداری شود.

افرادی که بررسی را انجام می‌دهند، باید دارای دید سه رنگ طبیعی باشند. ممکن است از عدسی‌های بی رنگ تصحیح کننده (بدون بزرگ نمایی) استفاده شود. بررسی باید در نور تابیده شده بر نمونه با شدت حداقل  $1 \times 1000$  و از فاصله کم‌تر از ۲۵ cm است، انجام شود.

از هر نمونه ای که علائم خوردگی شیاری را، به دلیل خرابی رزین مانع شده در پوشاندن حواشی نمونه ( بند الف-۴-۱ را ببینید) نشان می‌دهد، باید صرفنظر کرده و نمونه دیگری را مورد آزمون قرار داد. نمونه را قبل از بررسی و تا یک ساعت مانده به پایان دوره تماس، با آب یون‌زدایی شده شسته و توسط جریان شدید هوای عاری از روغن خشک کنید.

#### الف-۷-۳-۲ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

نمونه قبل از بررسی با آب یون‌زدایی شده شسته و توسط جریان شدید هوای عاری از روغن خشک شود. بررسی زیر SEM، به منظور تایید اینکه "هیچ‌گونه تغییر سطحی قابل تشخیص در سطح وجود ندارد" باید انجام شود. به عنوان مثال تغییرات ریز ساختاری، دانه‌دانه شدن، حمله به مرز دانه‌ها، خوردگی حفره‌ای، تنشی، شیاری یا خراشی.

#### الف-۷-۳-۳ بازتاب پذیری

اندازه‌گیری‌های بازتاب پذیری، به منظور تایید این که "بیشتر از تغییر در بازتاب پذیری وجود ندارد" باید انجام شود. مقایسه باید در مقابل قرائت‌هایی که سریعاً قبل از آزمون تصحیح خوانده می‌شوند، انجام شود. روش‌های دستگاهی مناسب باید شامل استفاده از نور سنج میکروسکوپی بوده و طول موج پاسخ دستگاه به یکی از صورت‌های زیر باشد:

#### الف-۷-۳-۳-۱ الزاماً در محدوده مرئی؛

#### الف-۷-۳-۳-۲ متناسب با طول موج حساسیت معمولی چشم انسان باشد؛

نوع پاسخ مورد نیاز باید مشخص شود.

#### الف-۷-۳-۴ رنگ

توصیه می‌شود مقایسه با مرجع مطابق (بند الف-۷-۳-۱) انجام شود.

#### الف-۷-۴ آزمون مکانیکی

#### الف-۷-۴-۱ استحکام

نمونه‌های مشابه، خورده شده و خورده نشده، باید با آزمون‌های استاندارد کشش یا قدرت خمش آزموده شوند تا هر گونه تغییر نامطلوب خواص، در نتیجه آزمون خوردگی مشخص شود.

#### الف-۷-۴-۲ زبری

نمونه‌های مشابه خورده شده و خورده نشده، باید با استفاده از تجهیزات آزمون زبری استاندارد آزموده شوند تا هر گونه تغییر نامطلوب نرمی سطح، در نتیجه آزمون خوردگی مشخص شود.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

کتاب نامه

- [1] ISO 7405, Dentistry — Evaluation of biocompatibility of medical devices used in dentistry
- [2] ISO 9333, Dentistry — Brazing materials
- [3] ISO 9693, Metal-ceramic dental restorative systems
- [4] ISO 10993-1, Biological evaluation of medical devices — Part 1: Evaluation and testing within a riskmanagement process
- [5] ISO 10993-9, Biological evaluation of medical devices — Part 9: Framework for identification and quantification of potential degradation products
- [6] ISO 22674, Dentistry — Metallic materials for fixed and removable restorations and appliances
- [7] ISO 28319, Dentistry — Laser welding
- [8] DIN 50905-4, Corrosion of metals; corrosion testing; corrosion testing in liquids under laboratory conditions without mechanical stress
- [9] LEUNG, V.W.H. and DARVELL, B.W. Calcium phosphate system in saliva-like media, *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* 1991, 87 (11), pp. 1759-1764
- [10] TUCCILLO, J. and NIELSEN, J. Observations of onset of sulphide tarnish on gold base alloys, *J. Prosthetic Dent.* 1971, 25 (6), pp. 629-637
- [11] LAUB, L. and STANFORD, J. Tarnish and corrosion behaviour of dental gold alloys, *Gold Bulletin* 1981, 14 (1)
- [12] GEIS-GERSTORFER, J. and WEBER, H. In vitro corrosion behavior of four Ni-Cr dental alloys in lactic acid and sodium chloride solutions, *Dent. Mater.* 1987, 3 (6), pp. 289-95
- [13] JIS T 6002, Dental metallic materials — Corrosion test methods
- [14] ASTM F2129, Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements to Determine the Corrosion Susceptibility of Small Implant Devices