



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۸۰۵۴-۴

تجدیدنظر اول

اسفند ۱۳۹۲

INSO

8054-4

1st.Revision

Mar.2014

پودرهای فلزی - تعیین میزان اکسیژن موجود
به وسیله روش های احیاء
قسمت ۴:

تعیین اکسیژن کل با روش احیاء - استخراج

**Metallic powders- Determination of oxygen
content by reduction methods-
Part4:**

Total oxygen by reduction-extraction

ICS: 77.160

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، نهادها، 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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 استاندارد 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) 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) 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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"پودرهای فلزی-تعیین میزان اکسیژن موجود بوسیله روشهای احیاء قسمت ۴:

تعیین اکسیژن کل با روش احیاء- استخراج"

رئیس:

نجفی مریم نگاری، احمد
(دکتری مهندسی متالورژی)

سمت و/یا نمایندگی

مدیر مجتمع متالورژی پودر ایران

دبیر:

حساسی، بیتا
(لیسانس مهندسی مواد)

کارشناس مسئول اداره کل استاندارد
زنجان

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آهنی، حمیرا
(فوق لیسانس شیمی آلی)

معاون اداره کل استاندارد زنجان

باقوت، بهنام
(فوق لیسانس مهندسی متالورژی)

کارشناس ارشد شرکت ایران خودرو

پویامهر، محمود
(فوق لیسانس متالورژی)

کارشناس سازمان صنعت معدن
تجارت

حساسی، الهام
(لیسانس مهندسی معدن)

کارشناس سازمان نظام مهندسی
معدن زنجان

حسینی، سید رسول
(لیسانس مهندسی متالورژی)

مدیر تحقیق توسعه شرکت فناوری
پودر الموت

خان احمدلو، مرتضی
(فوق لیسانس مهندسی مکانیک)

کارشناس فنی مهندسی شرکت پارس
سوئیچ

کارشناس مسئول سازمان ملی
استاندارد ایران

کارشناس اداره کل استاندارد استان
زنجان

زمانی نژاد، امیر
(کارشناس ارشد مهندسی متالورژی)

نقیلو، ناهید
(لیسانس حسابداری)

فهرست مندرجات

صفحه

عنوان

ج	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
ه	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اساس کار
۳	۴ دستگاه و مواد
۳	۵ آزمایش
۴	۶ مراحل انجام آزمون
۵	۷ بیان نتایج
۵	۸ گزارش آزمون
۶	پیوست الف (اطلاعاتی)

پیش‌گفتار

استاندارد "پودرهای فلزی-تعیین میزان اکسیژن موجود به وسیله‌ی روش‌های احیاء قسمت ۴: تعیین اکسیژن کل با روش احیاء- استخراج" نخستین بار در سال ۱۳۸۴ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد و تأیید کمیسیون‌های مربوطه برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در هشتاد و هشتاد و نهمین کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۹۲/۷/۲۹ 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. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های 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 ۴-۸۰۵۴: سال ۱۳۸۴ می‌شود.
منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 4491-4:2013, Metallic powders- Determination of oxygen content by reduction methods
Part4: Total oxygen by reduction- extraction

پودرهای فلزی - تعیین میزان اکسیژن موجود به وسیله روش های احیاء

قسمت ۴:

تعیین اکسیژن کل با روش احیاء - استخراج

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای تعیین میزان اکسیژن کل موجود در پودرهای فلزی از روش احیاء- استخراج در دماهای بالا می باشد.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد دارد:

- در صورت توافق برای اندازه گیری میزان اکسیژن کل موجود در فلزات تف جوشی شده.
- برای تمامی پودرهای فلزی، آلیاژها، کاربیدها و مخلوط آنها که تحت شرایط آزمون غیر فرار هستند قابل کاربرد است. نمونه ممکن است به شکل پودر یا فشرده باشد.
- تجزیه پودر از روش لازم انجام می شود اما این روش برای پودرهای حاوی روانساز یا چسب کاربرد ندارد. در صورتی که پودر، حاوی روانساز یا چسب باشد، تنها در صورتی می توان از این روش استفاده کرد که ابتدا بتوان تمامی آن مواد را بدون تاثیر در میزان اکسیژن موجود از پودر حذف کرد.

یادآوری - این استاندارد باید همراه با استاندارد ملی ایران شماره ۸۰۵۴-۱ مورد استفاده قرار گیرد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود .

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است .

استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۰۵۴-۱، پودرهای فلزی- اندازه گیری میزان اکسیژن موجود به وسیله روش های احیاء- قسمت اول: راهنمایی های عمومی

۳ اساس کار

آزمایه درون یک بوته گرافیتی در دمای بالا، تحت خلاء یا تحت جریان گاز حامل بی اثر گرم شود. اکسیژن موجود در نمونه به اکسیدهای کربن تبدیل می شود. اینها به طور کامل استخراج شده و به منوکسید کربن و دی اکسید کربن تبدیل می شوند، و با روش مناسب تجزیه گاز، اندازه گیری می شود.

روش های اجرایی که در این رویه جهت اندازه گیری اکسیژن کل موجود استفاده می شود به شرح زیر است:

الف- شرایط محیطی در محفظه واکنش

- تحت خلاء یا

- تحت جریان گاز بی‌اثر نظیر (نیتروژن، آرگون، هلیوم)

ب- بوته‌ی گرافیتی

- انحصاری باشد، یعنی فقط برای یک نمونه آزمون مورد استفاده واقع شود.

- غیر انحصاری باشد، یعنی همان بوته برای تجزیه چندین نمونه آزمون به صورت پی‌درپی استفاده شود.

پ- محیط واکنش^۱

- خشک، یعنی فقط آزمایش به درون بوته گرافیتی ریخته شود، در صورتی که فلزی که تجزیه می‌شود مذاب نباشد، عمل احیاء در حالت جامد انجام می‌شود.

- حمام فلز، به منظور تسریع در عمل احیای برخی فلزات خاص، لازم است ابتدا حمامی از فلز گدازپذیر (برای مثال پلاتین، قلع، آهن، نیکل) تهیه شود تا امکان انحلال کربن و فلز در آزمایش فراهم گردد.

ت- گرمایش

- پیوسته، یعنی آزمایش درون بوته‌ای که قبلاً تا دمای واکنش گرم شده وارد شود، احیاء در طول زمان مشخص و ثابتی به مدت چند دقیقه انجام می‌شود، یا

- ناپیوسته، یعنی بوته سرد حاوی آزمایش به وسیله تزریق انرژی با قدرت بالا در محدوده زمانی چند ثانیه، در قله^۲ دمایی بالا (تا ۳۰۰۰ درجه سلسیوس) گرم شود که در این دما عمل احیا با سرعت بسیار بالایی انجام خواهد شد.

ث- اندازه‌گیری اکسیژن

چندین روش برای اندازه‌گیری میزان گاز CO یا CO₂ وجود دارد. در هر دو حالت از یک مبدل شیمیایی جهت اطمینان از این که کل اکسیژن اندازه‌گیری شده تبدیل CO یا CO₂ حاصل شده‌است استفاده می‌شود. روش‌های تجزیه‌ای^۳ قابل استفاده عبارت است از :

- روش حجم سنجی^۴ (برای منوکسید کربن)

- روش کروماتوگرافی (برای منوکسید کربن)

- روش جذب مادون قرمز (برای منوکسید کربن)

- روش هدایت سنج حرارتی (برای منوکسید و دی‌اکسید کربن)

- روش کولن سنجی^۵ (برای دی‌اکسید کربن)

-
- 1- Reaction medium
 - 2- Pick
 - 3- Analytical methods
 - 4- Volumetric
 - 5- Coulometry

۴ دستگاه و مواد

- اجزاء اصلی دستگاه مناسب جهت اندازه‌گیری میزان اکسیژن موجود در پودرهای فلزی به شرح زیر می‌باشد:
- بوته‌ها، ماشین‌کاری شده از گرافیت با خلوص بالا
 - وسیله‌ای برای گاززدایی بوته گرافیتی در دماهای بالا
 - وسیله‌ای برای آماده کردن آزمایش و گاززدایی تحت شرایط گاز بی‌اثر یا خلاء در دمای محیط
 - وسیله‌ای برای استخراج گاز طبق چرخه دمایی از پیش تعیین شده
 - یک تله تصفیه^۱ برای حذف آب
 - وسیله‌ای جهت اندازه‌گیری منوکسید کربن یا دی‌اکسید کربن
- مواد مورد نیاز به نوع تجهیزات استفاده شده بستگی دارد به عنوان مثال ممکن است نیاز به استفاده از گاز بی‌اثر با خلوص بالا (هلیوم یا آرگون) باشد.
- جهت کالیبراسیون وسایل اندازه‌گیری در صورت لزوم، نیاز به گاز دی‌اکسیدکربن، منوکسیدکربن یا مواد فلزی مرجع دارای گواهی‌نامه با خلوص بالا می‌باشد.

۵ آزمایش

تجزیه باید بر روی یک یا چند آزمایش انجام شود. تعداد آزمایش‌های مورد نیاز بستگی به دقت مورد نظر دارد که از طریق مطالعه تکرارپذیری و تجدیدپذیری وسیله سنجش به کار رفته قابل تعیین می‌باشد. در صورتی که مطالعه تکرارپذیری و تجدیدپذیری امکان پذیر نباشد تجزیه باید بر روی دو آزمایش انجام شود. چندین روش جهت تهیه آزمایش قبل از وارد کردن آن به درون دستگاه می‌تواند مورد استفاده واقع شود.

الف- آزمایش توزین شده را به‌طور مستقیم داخل بوته‌ی عاری از گاز وارد کنید.

ب- مقداری از نمونه پودر را به صورت یک جهت‌دار داخل قالب استوانه‌ای شکل بدون روانساز یا چسب تحت پرس 100 MN/mm^2 تا 200 MN/mm^2 قرار دهید. جرم نمونه پرس شده را اندازه‌گیری کنید.

پ- مقداری از پودر را داخل کپسول کوچکی ساخته شده از جنس پلاتین، قلع، نیکل یا فویل نیکل-آهن با خلوص بالا و وزن مشخص محصور کنید. مجموعه کپسول و پودر را توزین کنید، مقدار اکسیژن موجود در فویل باید مشخص یا از قبل اندازه‌گیری شده باشد.

ت- در حالت فشرده، قطعه مناسبی از نمونه به عنوان آزمایش توزین شود.

تمامی توزین‌ها باید با تقریب 0.1 میلی‌گرم باشد.

به منظور تسهیل در وارد کردن نمونه به دستگاه ممکن است از کپسولی از جنس ورق نازک فلزی استفاده شود. در این حالت وزن کپسول باید تا حد امکان تقلیل داده شود.

در روش دیگر فلز کپسول می‌تواند از جنس فلز حمامی که جهت استخراج مناسب، مورد نیاز است، ساخته شود. در این حالت، برای تحلیل‌های خاص، جرم کپسول توصیه شده متناسب با جرم حمام به جرم آزمایش انتخاب می‌شود.

1- Purification train

هنگامیکه بوتله گرافیتی با حمام فلز برای چندین بار تجزیه پی‌درپی به کار برده شود، ضروری است که عمل گاززدایی از حمام قبل از شروع هر بار استخراج انجام شود. در صورت نیاز، اگر نسبت وزن حمام به آزمایش باقیمانده بزرگتر از حداقل مقدار وزن پیشنهادی باشد، وارد کردن قطعه فلزی به صورت دوره‌ای همراه با عمل گاززدایی حمام انجام می‌شود. جرم آزمایش بسته به حساسیت تجهیزات مورد استفاده و نیز مقدار اکسیژن قابل انتظار انتخاب می‌شود. غالباً جرمی بین ۰٫۱ گرم تا یک گرم انتخاب می‌شود.

۶ مراحل انجام آزمون

۱-۶ کلیات

بنا به دلایلی که در قسمت مقدمه آورده شد، امکان انتخاب شرایط خاص مجزا برای اندازه‌گیری اکسیژن، در فلزات، آلیاژها و کاربردهای مختلف مورد تجزیه وجود ندارد. باید یادآور شد که، هنگامیکه عمل احیاء خصوصاً در حالت جامد و در حالت گرمایش پیوسته انجام می‌شود، واکنش ممکن است آهسته باشد و زمان تکمیل عمل احیاء اکسیدها، به اکسیژن موجود بستگی خواهد داشت. توصیه می‌شود اندازه‌گیری شرایط بهینه برای آزمون یک نوع ماده و محدوده اکسیژن موجود بوسیله آزمایش‌های مقدماتی تعیین شود. انجام آزمایش‌های پی‌درپی بر روی یک نمونه، عمل احیاء را به طور معمول افزایش می‌دهد. (یعنی با افزایش دما یا زمان واکنش) تا حدی که اکسیژن اندازه‌گیری شده موجود به حداکثر خود برسد. همچنین ممکن است متغیرهای دیگر (یعنی حمام فلز مورد استفاده) متفاوت باشد. اکیداً توصیه می‌شود که مواد مرجع دارای گواهینامه حتماً با نمونه‌ای از همان نوع استفاده شود تا از صحت شرایط انجام آزمون و تطبیق آن اطمینان حاصل شود.

۲-۶ آزمون شاهد و کالیبراسیون

معمولاً یک آزمون شاهد تحت همان شرایطی که آزمایش انتخاب شده برای آزمون تهیه می‌شود. در صورت نیاز، دستگاه‌ها کالیبره می‌شوند یا صحت انجام آزمون دستگاه‌ها بر اساس دستورالعمل کارخانه سازنده بررسی و تایید می‌شود. معمولاً گازهای خالص (منوکسید کربن، دی‌کسید کربن) یا مواد مرجع برای مقدار اکسیژن موجود دارای گواهینامه می‌باشند.

۳-۶ آزمون

آزمون طبق دستورالعمل کار با دستگاه و شرایط انتخابی مورد استفاده (طبق بند ۱-۶) انجام می‌شود. در پیوست الف شرایط احیاء برای برخی از پودرهای فلزی به عنوان نمونه آورده شده است.

۷ بیان نتایج

۷-۱ رواداری‌های مجاز

اختلاف بین دو اندازه‌گیری نباید فراتر از مقادیر بیان شده در جدول ۱ باشد.

۷-۲ نتایج نهایی

اگر چندین اندازه‌گیری انجام شده است، نتیجه به صورت مقدار میانگین حسابی محاسبه می‌شود. نتایج بر طبق جدول ۱ گرد می‌شوند.

۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دارای اطلاعات زیر باشد:

۸-۱ روش آزمون طبق این استاندارد

۸-۲ تمامی جزئیات مورد نیاز جهت شناسایی نمونه آزمون

۸-۳ روش استخراج روانساز یا چسب، در صورت وجود

۸-۴ نوع دستگاه‌های مورد استفاده

۸-۵ تمام شرایط مربوط به آزمون (دما، زمان، حمام فلز یا کپسول مورد استفاده و ...)

۸-۶ نتایج نهایی حاصله (طبق بند ۷-۲)

۸-۷ تمام عملیاتی که در استاندارد مذکور به آن اشاره نشده یا بخشی از خواسته‌های انتخابی پیشنهاد

شده است

۸-۸ جزییات تمام اتفاقاتی که می‌تواند در نتیجه آزمون موثر باشد.

جدول ۱- الزامات مقادیر گزارش شده

گرد شده با تقریب	حداکثر اختلاف مجاز بین دو اندازه‌گیری	اکسیژن موجود (m/m)%
۰٫۰۰۰۵	٪ ۲۰ از مقدار متوسط	≤ 0.005
۰٫۰۰۱	٪ ۱۰ از مقدار متوسط	بیش از ۰٫۰۰۵ تا ۰٫۰۱
۰٫۰۰۲	٪ ۱۰ از مقدار متوسط	بیش از ۰٫۰۱ تا ۰٫۰۲
۰٫۰۰۲	٪ ۵ از مقدار متوسط	بیش از ۰٫۰۲ تا ۰٫۰۵
۰٫۰۰۵	٪ ۵ از مقدار متوسط	بیش از ۰٫۰۵ تا ۰٫۱
۰٫۰۱	٪ ۵ از مقدار متوسط	بیش از ۰٫۱ تا ۰٫۲
۰٫۰۲	٪ ۵ از مقدار متوسط	بیش از ۰٫۲ تا ۰٫۵
۰٫۰۵	٪ ۵ از مقدار متوسط	بیش از ۰٫۵ تا ۱
۰٫۱	٪ ۵ از مقدار متوسط	بیش از ۱

پیوست الف (اطلاعاتی)

نمونه‌هایی از شرایط استخراج برای پودرهای فلزی انتخابی

به جدول الف-۱- مراجعه کنید.

جدول الف-۱- نمونه‌هایی از شرایط استخراج برای پودرهای فلزی انتخابی

پودر فلزی	محیط واکنش	حداقل نسبت جرمی حمام / آزمايه	دما ^a برحسب °C
آهن، فولاد	بدون حمام یا کپسول	-	۲۰۰۰
تیتانیوم	حمام نیکل	۱۲:۱	۲۱۰۰
تیتانیوم، زیرکونیوم و هافنیوم	کپسول پلاتین و حمام پلاتین	۲۰:۱	۲۱۰۰
مولیبدن و تنگستن	بدون حمام	-	۲۴۰۰
نایوبیوم و تانتالیوم	حمام نیکل و قلع	۵:۱	۲۴۰۰
آلومینیوم	حمام مس	۵:۱	۲۴۰۰
مس	بدون حمام	-	۱۹۰۰
مخلوط فلزات سخت	کپسول آهن نیکل و قلع	۴:۱	۲۴۰۰

(a) این دماها، مقادیر عملی به کار رفته تحت شرایط گرمایش (یک دقیقه تا ده دقیقه زمان، بسته به مقدار گاز موجود) می‌باشد. استخراج در کوره متناوب در دمایی بیش از ۳۰۰۰ درجه سلسیوس انجام می‌شود. معمولاً زمانی بین چهار تا بیست ثانیه برای تکمیل واکنش کافی است.