



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۳۵۸۴

چاپ اول

**ISIRI**

**13584**

**1st. Edition**

بتن - کلاهک گذاری آزمون‌های  
استوانه‌ای - آیین کار

**Concrete-Capping Cylindrical  
Specimens – Code of Practice**

ICS:91.100.30

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه 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 مؤسسه\* 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 فنی 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 و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. به‌دین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 نماید. مؤسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی پایانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه 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، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

\* سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1- International organization for Standardization

2 - International Electro technical Commission

3 - International Organization of Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
«بتن-کلاهدک گذاری آزمون‌های استوانه‌ای-آیین کار»

رئیس:

اسماعیلی طاهری، محسن  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و / یا نمایندگی

مدیر کل دفتر پژوهش و تحقیقات علمی  
شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دبیر:

زمانی فر، الهام  
(دکترای شیمی)

کارشناس دفتر پژوهش و تحقیقات علمی  
شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اکبری، محمد  
(کارشناس مهندسی معدن)

سازمان حمایت مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان

امینیان، نیما  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

انجمن بتن ایران

تاجیک، حمیدرضا  
(کارشناس ارشد شیمی)

شرکت سیمان آبیک

ترک قشقائی، سیمین  
(کارشناس شیمی)

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

زنگانه، حامد  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

سازور، رسول  
(کارشناس شیمی)

انجمن صنفی کارفرمایان صنعت سیمان کشور

شرقی، عبدالعلی  
(دکتری مهندسی عمران)

عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی

فتحی پور، احمد  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

مجتمع صنعتی سیمان تهران

فلاح، عباس  
(کارشناس زمین شناسی)

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

کلهری، موسی  
(کارشناس مهندسی عمران)

انجمن بتن ایران

محمودی، سعید  
(کارشناس مهندسی معدن)

شرکت سیمان آبیگ

موسوی، سید حسن  
(کارشناس شیمی)

شرکت سیمان اردستان

موسوی، سید حسن  
(کارشناس شیمی)

شرکت سیمان اردستان

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با مؤسسه استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۱	۳ تجهیزات کلاهک‌گذاری
۳	۴ مواد کلاهک‌گذاری
۶	۵ روش‌های کلاهک‌گذاری
۱۰	۶ نگه‌داری آزمون‌ها پس از کلاهک‌گذاری
۱۱	۷ پیوست الف (الزامی)

## پیش‌گفتار

استاندارد «بتن- کلاهدک‌گذاری آزمونه‌های استوانه‌ای-آیین‌کار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (سهامی خاص) تهیه و تدوین شده و در ۳۳۱ اجلاس کمیته ملی مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۰/۰۲/۲۵ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان 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 تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استاندارد ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM C617-09: Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens.

## بتن - کلاهک‌گذاری آزمون‌های استوانه‌ای - آیین کار

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد بیان وسایل، مصالح و روش کلاهک‌گذاری آزمون‌های استوانه‌ای بتن تازه قالب‌گیری شده با خمیر سیمان، آزمون‌های استوانه‌ای سخت شده و مغزه‌های بتنی که با مته گرفته شده‌اند با گچ پلاستر مقاومت بالا یا ملات گوگرد می‌باشد.

۱-۲ این آیین کار، به بیان روش‌های تهیه رویه‌ای تراز بر روی یک سر آزمون‌های استوانه‌ای بتن تازه قالب‌گیری شده و دوسر استوانه‌های سخت شده یا مغزه‌های بتنی که با مته گرفته شده‌اند هنگامی که سطوح دو سر استوانه با الزامات حالت گونیا استانداردهای قابل اجرا مطابقت نداشته باشد، می‌پردازد. استاندارد بند ۲-۵ روش‌های دیگری را با استفاده از کلاهک‌ها و لایه‌های غیرمتصل بیان می‌کند.

**هشدار** - این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده، قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

### 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 می‌شوند. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار 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 ASTM C109/C109M: Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens).
- 2.2 ASTM C150: Specification for Portland Cement.
- 2.3 ASTM C472: Test Methods for Physical Testing of Gypsum, Gypsum Plasters and Gypsum Concrete.
- 2.4 ASTM C595M: Specification for Blended Hydraulic Cements.
- 2.5 ASTM C1231: Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders.
- 2.6 ANSI B46.1 Standard for Surface Texture (Surface, Roughness, Waviness and Lay).

## ۳ تجهیزات کلاhek گذاری

### ۳-۱ صفحه‌های کلاhek گذاری

کلاhek‌های سیمانی و گچ پلاستر مقاومت بالا باید با یک صفحه شیشه‌ای با ضخامت حداقل ۶mm، یک صفحه فلزی صیقلی با ضخامت حداقل ۱۱ mm یا یک صفحه گرانیته یا دیابازی<sup>۶</sup> صیقل داده شده با حداقل ضخامت ۷۶mm ساخته شوند. کلاhek‌های ملات گوگرد باید بر روی صفحه‌های فلزی یا سنگی مشابه ساخته شوند، با این تفاوت که گودی محلی که گوگرد مذاب در آن قرار می‌گیرد نباید از ۱۲mm عمیق‌تر باشد. در همه موارد، قطر صفحه‌ها باید حداقل ۲۵mm بزرگ‌تر از قطر آزمون باشد و سطوح کار نباید بیشتر از ۰/۰۵mm در ۱۵۲mm از حالت مسطح انحراف داشته باشند. زبری سطح صفحه‌های فلزی تازه پرداخت شده برای هر نوع سطح و در هر جهت قرارگیری طبق استاندارد بند ۲-۶ نباید بیشتر از ۰/۰۰۳۲mm باشد. سطح وقتی که تازه پرداخت شده است باید عاری از هرگونه برآمدگی، شیار یا دندان‌هایی که در اثر عملیات پرداخت ایجاد می‌شود، باشد. عمق برآمدگی، شیار و دندان‌های صفحه‌های فلزی که استفاده می‌شوند باید کمتر از ۰/۲۵ mm باشد. مساحت سطح برآمدگی، شیار و دندان‌های صفحه‌های فلزی که استفاده می‌شوند باید کمتر از ۳۲ mm<sup>۲</sup> باشد.

یادآوری - سختی HRC ۴۸ برای ابزارهای کلاhek‌سازی مورد استفاده در ساختن کلاhek ملات گوگرد توصیه می‌شود.

### ۳-۲ ابزار کلاhek گذاری

ابزار کلاhek گذاری مناسب از قبیل بازوهای راهنما یا نقطه تراز باید به صفحه‌های کلاhek گذاری متصل بوده، تا اطمینان حاصل شود که کلاhek از حالت عمود بر محور آزمون<sup>۷</sup> استوانه‌ای بیش از ۰/۵ درجه (تقریباً معادل ۳/۲ mm در ۳۰۵ mm) انحراف نداشته باشد. هنگامی که از بازوهای راهنما استفاده می‌شود همان الزامات برای ارتباط بین محور ابزار کلاhek گذاری و سطح صفحه کلاhek گذاری به کار برده می‌شود. علاوه بر این، محل هر بازو با توجه به وضعیت صفحه آن باید در جایی قرار گیرد که مرکز کلاhek بیش از ۲mm از مرکز آزمون فاصله نداشته باشد.

### ۳-۳ ظرف‌های ذوب ملات گوگرد

ظرف‌هایی که برای ذوب ملات گوگرد استفاده می‌شوند باید مجهز به کنترل دمایی خودکار و از جنس فلز یا با موادی که با گوگرد مذاب واکنش نمی‌دهند، اندود شده باشند.

**هشدار** - ظرف‌های ذوب مجهز به گرم کننده پیرامونی بوده تا در برابر خطرات هنگام گرم کردن مجدد مخلوط گوگردی سرد که روی سطح آن لایه سخت ایجاد شده، مراقبت کند. وقتی ظرف ذوبی که مجهز به چنین سامانه‌ای نیست، به کار برده می‌شود با استفاده از میله فلزی که با ته ظرف در تماس است و هنگام سرد شدن مخلوط گوگرد آرام به بالای سطح مخلوط می‌آید، می‌توان از فشار ایجاد شده در زیر لایه سخت هنگام گرم کردن مجدد جلوگیری کرد. اندازه میله فلزی باید مناسب باشد تا هنگام گرم کردن مجدد گرمای کافی را به بالا هدایت کرده، ابتدا حلقه اطراف میله را ذوب کند تا از ایجاد فشار جلوگیری شود. از یک ملاقه فلزی بزرگ می‌توان به جای میله فلزی استفاده کرد.



۳-۳-۱ از ظرف‌های ذوب گوگرد در زیر یک هواکش قوی استفاده کنید تا بخارات حاصل به بیرون تهویه شوند. حرارت دادن روی شعله مستقیم، خطرناک است زیرا نقطه اشتعال گوگرد تقریباً  $227^{\circ}\text{C}$  است و مخلوط در اثر حرارت زیاد ممکن است آتش بگیرد. به محض این‌که مخلوط شروع به سوختن کرد، شعله باید خاموش شود. پس از خاموش شدن شعله، ظرف باید دوباره با مواد تازه پر شود.

#### ۴ مواد کلاهدک‌گذاری

۴-۱ مقاومت مواد کلاهدک‌گذاری و ضخامت کلاهدک باید مطابق الزامات جدول ۱ باشد.

جدول ۱- مقاومت فشاری و حداکثر ضخامت مواد کلاهدک‌گذاری

مقاومت فشاری آزمونه استوانه‌ای (MPa)	حداقل مقاومت مواد کلاهدک‌گذاری (MPa)	حداکثر میانگین ضخامت کلاهدک (mm)	حداکثر ضخامت کلاهدک (mm)
۳/۵ تا ۵۰	۳۵ مگاپاسکال یا مقاومت آزمونه استوانه‌ای، هر کدام که بیشتر باشد.	۶	۸
بیش از ۵۰	مقاومت فشاری که کمتر از مقاومت استوانه نباشد، به غیر آنچه در بند ۴-۱-۱ بیان شده است.	۳	۵

۴-۱-۱ اگر ملات گوگردی، گچ پلاستر مقاومت بالا و مواد دیگر به غیر از خمیر سیمان برای آزمون کردن بتن با مقاومت بیشتر از ۵۰ مگاپاسکال استفاده می‌شود، تولید کننده یا استفاده کننده باید مدارک زیر را تهیه کند.

۴-۱-۱-۱ مقاومت میانگین ۱۵ آزمونه استوانه‌ای کلاهدک‌گذاری شده با مواد یاد شده نباید کمتر از ۹۸ درصد میانگین مقاومت ۱۵ آزمونه استوانه‌ای کلاهدک‌گذاری شده با خمیر سیمان یا ۱۵ آزمونه استوانه‌ای که با ساییدن تراز شده به نحوی که سطوح بالا و پایین آزمون از حالت عمود بر محور آزمونه استوانه‌ای دارای انحرافی کمتر از ۰/۰۵mm است، باشد.

۴-۱-۱-۲ انحراف استاندارد مقاومت آزمونه‌های استوانه‌ای کلاهدک‌گذاری شده بیش از ۱/۵۷ برابر انحراف استاندارد آزمونه‌های استوانه‌ای مرجع نباشد.

۴-۱-۱-۳ الزامات ضخامت کلاهدک مطابق با شرایط آزمون‌ها است.

۴-۱-۱-۴ زمان سخت شدن کلاهدک‌ها مطابق با شرایط آزمون‌ها است.

۴-۱-۲ به طور کلی، گزارش آزمون باید شامل مقاومت فشاری مکعب‌های ۵۰mm مواد واجد شرایط و مقاومت فشاری مکعب‌های ۵۰mm خمیر سیمان در صورت استفاده، باشد. استفاده از مواد کلاهدک‌گذاری مطابق با این الزامات برای استوانه‌هایی که مقاومت آن‌ها تا ۲۰ درصد بیشتر از بتنی که مطابق با این شرایط آزمون شده‌اند، مجاز است. تولید کننده باید همه مواد تولید شده یک‌ساله یا آن‌هایی که تغییری در فرمول یا مواد خام آن وجود دارد را

دوباره کنترل کند. استفاده کننده باید رونوشتی از گزارش نتایج، تاریخ تولید مواد واجد شرایط و موادی که اکنون استفاده می شود را نگه دارد (پیوست "الف" را ببینید).

۳-۱-۴ مقاومت فشاری مواد کلاهدک گذاری باید با آزمون مکعب های ۵۰ mm طبق استاندارد بند ۲-۱ تعیین شود. به جز ملات های گوگردی، روش های قالب گیری باید طبق استاندارد بند ۲-۱ انجام شود، مگر این که روش های دیگری برای حذف حباب های هوای به جامانده، لازم باشد. برای ملاحظه روش های دیگر تراکم، استاندارد بند ۲-۳ را ببینید. زمان و شرایط محیطی عمل آوری نمونه های مکعبی مشابه زمان و شرایط محیطی مواد برای کلاهدک گذاری آزمون ها می باشد.

۴-۱-۴ مقاومت مواد کلاهدک گذاری تازه خریداری شده در فاصله زمانی کمتر از سه ماه باید تعیین شود و اگر مواد کلاهدک گذاری تازه خریداری شده مطابق با الزامات بندهای ۴-۱-۱ و ۴-۱-۲ نباشند، نباید مورد استفاده قرار گیرند. مقاومت مواد جایگزین شده باید هر هفته تعیین شود تا نتایج چهار هفته متوالی مطابق با مشخصات الزامی باشد.

#### ۲-۴ خمیر سیمان هیدرولیکی

۱-۲-۴ آزمون های کنترل کیفی خمیر سیمان هیدرولیکی را قبل از استفاده برای کلاهدک گذاری انجام دهید تا اثرات نسبت آب به سیمان و سن بر مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ۵۰ mm مشخص شود.

یادآوری - معمولاً سیمان های استفاده شده طبق استاندارد بند ۲-۲ از نوع I، II یا III می باشند. هر چند از سیمان های آمیخته (طبق استاندارد بند ۲-۵)، آلومینات کلسیم یا سیمان های هیدرولیکی دیگر که مقاومت قابل قبول را فراهم می آورند می توان استفاده کرد.

۲-۲-۴ معمولاً خمیر سیمان با قوام مناسب و با نسبت معین آب به سیمان را (۲ تا ۴) ساعت پیش از استفاده مخلوط کنید. نسبت آب به سیمان باید معادل یا کمتر از مقدار لازم برای ایجاد مقاومت مطلوب باشد (یادآوری ۱ را ببینید). در صورت لزوم برای حفظ قوام در وضعیت قابل قبول، خمیر را دوباره مخلوط کنید (یادآوری ۲ را ببینید). گاهی افزودن آب به خمیر، در صورتی که نسبت آب به سیمان از مقدار لازم بیشتر نشود، قابل قبول است. معمولاً قوام بهینه برای سیمان های نوع I و II در نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ تا ۰/۳۶ جرمی و برای سیمان نوع III در نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ تا ۰/۳۹ جرمی بدست می آید.

یادآوری ۱ - خمیرهای تازه مخلوط شده مستعد آب انداختگی، جمع شدگی و ایجاد کلاهدک نامناسب می باشند. معمولاً دوره زمانی (۲ تا ۴) ساعت برای سیمان پرتلند مناسب است.

یادآوری ۲ - قوام لازم خمیر براساس ظاهر سطح آزمون تعیین می شود. خمیر روان کلاهدک ورقه ای نازک و خمیر سفت کلاهدک ضخیم ایجاد می کند.

#### ۳-۴ خمیر گچ پلاستر مقاومت بالا

۱-۳-۴ هیچ فیلر<sup>۷</sup> یا افزودنی پس از تولید به خمیر گچ پلاستر با مقاومت بالا اضافه نکنید (یادآوری ۱ را ببینید). آزمون های کنترل کیفی برای تعیین اثر مقدار نسبت آب به گچ و سن روی مقاومت فشاری آزمون های مکعبی ۵۰ mm باید انجام شود. ممکن است از مواد کندگیر کننده برای حفظ کارایی خمیر در هنگام کلاهدک گذاری استفاده شود، اما اثر آن ها روی مقدار نسبت آب به گچ لازم و مقاومت باید تعیین شود (یادآوری ۲ را ببینید).

**یادآوری ۱-** گچ قالب‌گیری با مقاومت کم، گچ پاریس یا مخلوط‌هایی از گچ پاریس و سیمان پرتلند برای کلاهدگذاری مناسب نیستند.

**یادآوری ۲-** نسبت آب به گچ باید بین ۰/۲۶ و ۰/۳۰ باشد. استفاده از نسبت‌های آب به گچ کم و اختلاط شدید معمولاً مقاومت MPa ۳۵ را در سن یک ساعت یا دو ساعت تامین می‌کند. نسبت‌های آب به گچ بزرگ‌تر، مدت زمان کارکردن با خمیر را افزایش، اما مقاومت را کاهش می‌دهد.

**۲-۳-۴** خمیر گچ را با مقدار نسبت آب به گچ مورد نظر مخلوط کرده، به دلیل گیرش سریع گچ، بی‌درنگ استفاده کنید.

#### **۴-۴ ملات گوگرد**

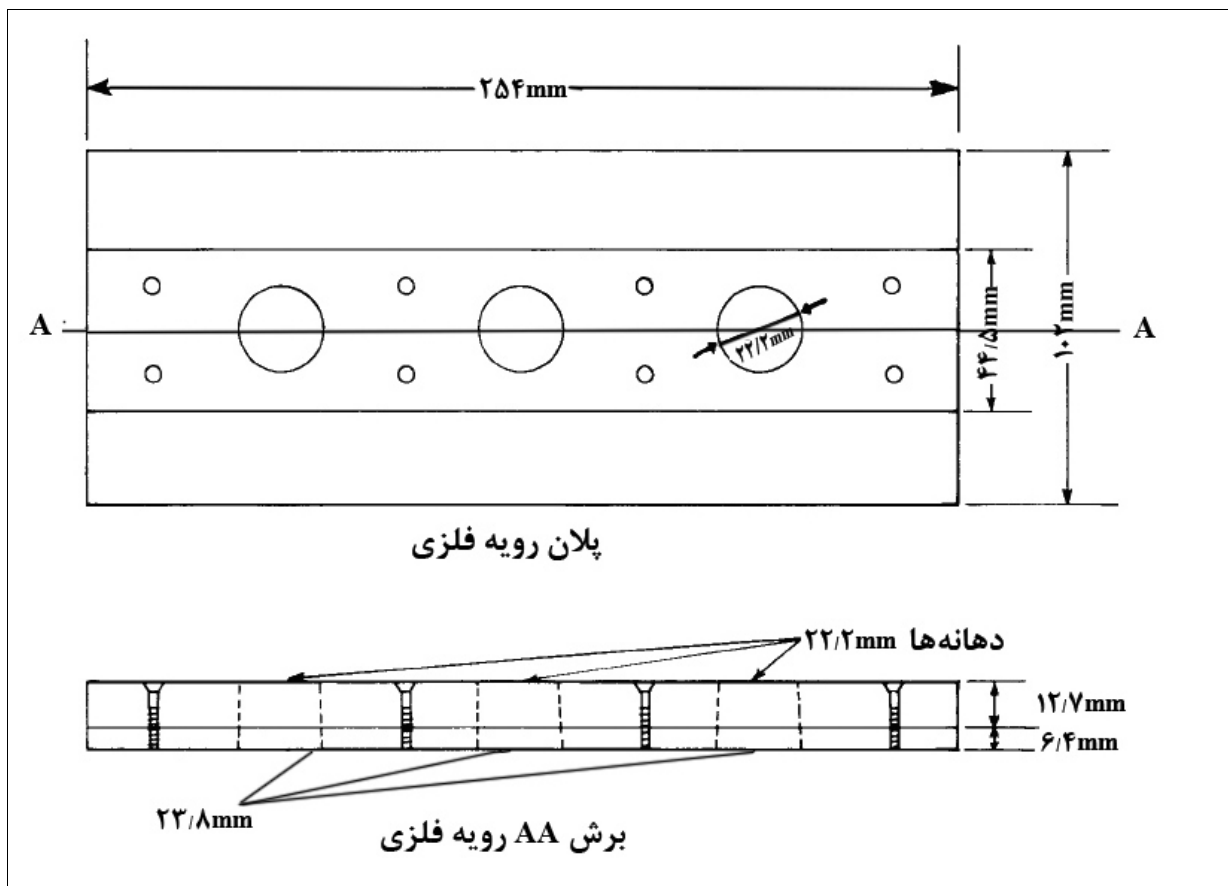
**۱-۴-۵** استفاده از ملات‌های گوگردی آماده شده در آزمایشگاه، یا به‌صورت آماده خریداری شده در صورتی که حداقل دو ساعت قبل از آزمون نمونه‌های بتنی با مقاومت کمتر از ۳۵ MPa سخت شوند، مجاز می‌باشند. نمونه‌های بتنی با مقاومت ۳۵ MPa یا بیشتر، باید حداقل ۱۶ ساعت قبل از آزمون با ملات گوگرد کلاهدگذاری شوند، مگر این‌که طبق بند ۴-۱-۱ مدت زمان کوتاه‌تر جهت این امر مناسب باشد.

#### **۲-۴-۴ تعیین مقاومت فشاری**

آزمونه‌ها را با استفاده از قالب مکعبی، صفحه پایه طبق استاندارد بند ۲-۱ و رویه فلزی را مطابق با جزئیات نشان داده شده در شکل ۱ آماده کنید (یادآوری ۱ را ببینید). بخش‌های مختلف قالب را به دمای  $20^{\circ}\text{C}$  تا  $30^{\circ}\text{C}$  برسانید. سطوحی که در تماس با ملات گوگرد می‌باشند را با لایه نازکی از روغن معدنی (مانند روغن سیلیکون) بپوشانید و نزدیک ظرف ذوب قرار دهید. دمای ملات گوگرد ذوب شده را به حدود  $129^{\circ}\text{C}$  تا  $143^{\circ}\text{C}$  رسانده، کاملاً هم زده، در سه قالب مکعبی بریزید. با استفاده از یک ملاقه یا هر وسیله مناسب دیگر، به سرعت هر سه قالب را پر کنید تا مواد مذاب به بالای دهانه برسند. برای این‌که حداکثر انقباض ناشی از سرد و سفت شدن<sup>۱</sup> اتفاق بیفتد (تقریباً ۱۵ دقیقه) زمان کافی بدهید و دوباره هر دهانه را با مواد مذاب پر کنید (یادآوری ۲ را ببینید). پس از سفت شدن مواد مذاب، مکعب‌ها را بدون این‌که برآمدگی ایجاد شده در محل دهانه‌ها در رویه فلزی شکسته شود از قالب خارج کنید. روغن را پاک کنید، زائده‌ها و برآمدگی‌ها را از مکعب‌ها جدا کرده، ناهمواری سطوح بارگذاری را طبق استاندارد بند ۲-۱ کنترل کنید. پس از نگه‌داری مکعب‌ها در دمای اتاق تا زمان مناسب (این زمان نباید کمتر از ۲ ساعت باشد) آزمون مقاومت فشاری را طبق استاندارد بند ۲-۱ انجام داده، مقاومت فشاری را حساب کنید.

**یادآوری ۱-** در صورت نیاز، یک روکش فنل فرمالدئید با ضخامت ۳mm که در محل دهانه‌های رویه فلزی دارای سوراخی هم‌اندازه قطر دهانه‌ها می‌باشد می‌توان بین رویه فلزی و قالب قرار داد تا سرعت سرد شدن آزمونه‌ها کند شود.

**یادآوری ۲-** بهتر است برای جلوگیری از تشکیل فضای خالی بزرگ یا جمع‌شدگی در بدنه قالب مکعبی، پر کردن قالب در دو مرحله انجام شود. به هر حال این قبیل نقص‌ها، ارتباطی به چگونگی نگهداری آزمونه‌ها ندارد. از این رو هنگامی که مقادیر مقاومت به مقدار قابل توجهی کمتر از مقدار مورد انتظار می‌باشد، توصیه می‌شود همگنی قالب‌های مکعبی ملات گوگرد آزمون شده، بررسی شود.



شکل ۱-نمایی از رویه فلزی برای قالب مکعبی ۵۰mm

## ۵ روش‌های کلاhek گذاری

### ۵-۱ استوانه‌های تازه قالب‌گیری شده

برای کلاhek گذاری استوانه‌های تازه قالب‌گیری شده فقط از خمیر سیمان پرتلند استفاده کنید (یادآوری ۱ را ببینید). ضخامت کلاhek تا حد ممکن نازک باشد. معمولاً (۲ تا ۴) ساعت پس از قالب‌گیری آزمون، که نشست بتن در قالب‌ها متوقف شده است از خمیر سیمان برای کلاhek گذاری آزمون استفاده کنید. هنگام قالب‌گیری آزمون‌ها، سطح بتن داخل قالب هم‌تراز یا کمی پایین‌تر از لبه بالایی قالب باشد. بلافاصله قبل از کلاhek گذاری، آب آزاد و حباب‌های بوجود آمده بالای آزمون را پاک کنید. برای ایجاد کلاhek، توده‌ای مخروطی شکل از خمیر سیمان را روی آزمون قرار داده، سپس به آرامی صفحه کلاhek گذاری که به روغن آغشته شده است را روی نوک مخروط خمیر سیمان فشار دهید تا صفحه با لبه قالب تماس پیدا کند. با یک حرکت آرام پیچشی می‌توان خمیر اضافی را از سطح بالایی قالب برداشته، فضاهای خالی موجود در خمیر سیمان را به حداقل رساند. صفحه کلاhek گذاری در طول این کار نباید بلرزد. صفحه کلاhek گذاری و قالب را برای جلوگیری از خشک شدن با دو لایه پارچه کرباس مرطوب و یک صفحه پلی اتیلن به‌دقت بپوشانید. صفحه کلاhek گذاری را پس از سخت شدن با ضربه زدن به لبه قالب با چکش پلاستیکی و در جهت موازی با سطح کلاhek جدا کنید.

**یادآوری ۱-** معمولاً زمان لازم برای رسیدن به مقاومت قابل قبول در کلاهک‌های تهیه شده با سیمان نوع I (طبق استاندارد بند ۲-۲) حداقل ۶ روز و تهیه شده با سیمان نوع III (طبق استاندارد بند ۲-۲) حداقل ۲ روز می‌باشد. آزمون‌های سخت شده، آب خمیر سیمان تازه مخلوط شده را جذب کرده، کلاهک‌های غیرقابل قبول ایجاد می‌کنند. کلاهک‌های خمیر سیمان هنگام خشک شدن منقبض شده، ترک بر می‌دارند. باید از کلاهک‌های خمیر سیمان تنها برای آزمون‌هایی که تا زمان آزمون پیوسته مرطوب نگه داشته می‌شوند، استفاده کرد.

**یادآوری ۲-** کلاهک‌های ساخته شده از گچ پلاستر با مقاومت بالا در تماس با آب، نرم و خراب می‌شوند بنابراین نمی‌توان از آن برای کلاهک‌گذاری بتن تازه مخلوط شده یا بتن نگهداری شده در اتاق رطوبت بیش از یک دوره خیلی کوتاه استفاده کرد.

## **۵-۲ آزمون‌های بتن سخت شده**

### **۵-۲-۱ کلیات**

اگر سر و ته آزمون با مواد روغنی پوشیده شده و مانع اتصال کلاهک باشد، مواد روغنی را پاک کنید. در صورت لزوم سر و ته آزمون را برای داشتن چسبندگی مناسب با کلاهک، با یک سوهان فلزی یا برس سیمی به آرامی خراش دهید. در صورت تمایل، برای جلوگیری از چسبیدن مواد کلاهک به صفحات کلاهک‌گذاری، سطح آن‌ها را می‌توانید با لایه نازکی از روغن معدنی یا گریس بپوشانید.

### **۵-۲-۲ شرایط سر کلاهک‌گذاری نشده آزمون**

صفحه‌ای عمود بر محور استوانه را بر روی بالاترین نقطه سطح کلاهک‌گذاری نشده آزمون قرار دهید، فاصله هر نقطه از روی سطح آزمون تا این صفحه نباید از ۳ mm بیشتر باشد (اختلاف ارتفاع دو نقطه واقع بر روی سطح کلاهک‌گذاری نشده آزمون نباید از ۳ mm بیشتر باشد). اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه از این حد تجاوز کرد، سر استوانه قبل از کلاهک‌گذاری باید بریده، متناسب با سطح زبر یا نرم ساییده شود.

**یادآوری -** این شرط برای کنترل اختلاف بین ضخیم‌ترین و نازک‌ترین قسمت‌های کلاهک است. این فاصله با استفاده از گونیایی که یک ضلع آن مماس با استوانه و موازی با محور استوانه است و ضلع دیگر مماس با بالاترین نقطه روی سر کلاهک‌گذاری نشده استوانه است، بررسی می‌شود. فاصله بین ضلع گونیا و پایین‌ترین نقطه روی سر کلاهک‌گذاری نشده استوانه اندازه‌گیری می‌شود.

### **۵-۲-۳ کلاهک‌گذاری با گچ پلاستر مقاومت بالا یا خمیر سیمان**

خمیر را طبق بند ۲-۴ و ۳-۴ مخلوط کنید. نسبت آب به سیمان نباید بیشتر از مقدار تعیین شده در آزمایش‌های کیفی باشد. کلاهک‌ها را طبق بند ۱-۵ با استفاده از صفحات و ابزار کلاهک‌گذاری که مشخصات آنها در بندهای ۳-۱ و ۳-۲ بیان شده است، تهیه کنید (یادآوری را ببینید). معمولاً می‌توان صفحات کلاهک‌گذاری را هنگامی که از خمیر گچ پلاستر با مقاومت بالا استفاده می‌شود، پس از ۴۵ دقیقه و در صورت استفاده از خمیر سیمان پس از ۱۲ ساعت بدون خرابی قابل رویت در کلاهک جدا کرد.

**یادآوری -** روش‌های متعددی برای ساختن کلاهک مناسب که قائم بر محور استوانه باشد، وجود دارد. می‌توان توده‌ای از خمیر را روی یک صفحه کلاهک‌گذاری قرار داده، آزمون را بر روی آن فشار داد. از یک سطح تراز در بالای استوانه برای به‌دست آوردن هم‌ترازی می‌توان کمک گرفت. در حالت دیگر می‌توان توده‌ای از خمیر را بالای استوانه قرار داده با یک صفحه کلاهک‌گذاری آن را فشار داد. این بار نیز می‌توان از یک سطح تراز استفاده کرد. برای هم‌ترازی روش مناسب‌تر استفاده از قالبی با نصف ارتفاع آزمون دارای شکاف قائم، که اجازه می‌دهد قالب بالای آزمون سخت شده بلغزد، می‌باشد. برای نگهداری قالب و اطمینان از اینکه کلاهک ضخامت لازم را به‌دست

می‌آورد از یک گیره استفاده می‌شود. توده‌ای از خمیر را روی صفحه کلاهک‌گذاری یا بالای استوانه قرار داده، فشار دهید تا صفحه با لبه نیم قالب تماس پیدا کند. همان‌طور که قبلاً بیان شد، خمیر خیلی سفت ممکن است فشار زیادی لازم داشته باشد و کلاهک ضخیم یا ناقص ایجاد کند.

### ۵-۲-۴ کلاهک‌گذاری با ملات گوگرد

برای استفاده از ملات گوگرد، آن را تا دمای حدود  $130^{\circ}\text{C}$  حرارت دهید. از دماسنج فلزی که در نزدیک مرکز توده قرار داده می‌شود برای تعیین دمای ملات گوگرد استفاده کنید. هنگام کلاهک‌گذاری دمای ملات گوگرد را هر ساعت کنترل کنید. هنگام کلاهک‌گذاری با ملات گوگرد، مطمئن شوید مواد بیش از پنج بار گرم نشده باشند، در غیر این صورت ظرف ذوب را خالی و با مواد تازه پر کنید. هنگام کلاهک‌گذاری آزمون‌های استوانه‌ای با مقاومت فشاری  $35\text{MPa}$  یا بیشتر نباید از مخلوط بازیافتی از فرآیند کلاهک‌گذاری یا کلاهک‌های قبلی دوباره استفاده شود. گوگرد و ماسه تازه وقتی که در ظرف ذوب قرار داده می‌شوند، باید خشک باشند. رطوبت سبب کف کردن ملات می‌شود به همین دلیل ملات گوگرد ذوب شده را دور از آب نگه‌دارید. ابزار یا صفحه کلاهک‌گذاری باید قبل از استفاده گرم شوند تا سرعت سخت شدن کاهش یافته، کلاهک‌های نازک ایجاد شوند. صفحه کلاهک‌گذاری را با لایه نازکی از روغن بپوشانید و بلافاصله قبل از ریختن هر کلاهک، ملات گوگرد ذوب شده را هم بزنید. سر و ته آزمون‌های عمل‌آوری شده مرطوب باید به اندازه کافی خشک باشند تا در زمان کلاهک‌گذاری مانع تشکیل بخار یا حفره‌هایی با قطر بیشتر از  $6\text{mm}$  در زیر یا درون کلاهک شوند. کلاهک‌ها با حباب‌های هوا یا حفره‌های بزرگ‌تر از  $6\text{mm}$  را برداشته، مجدداً کلاهک‌گذاری کنید (یادآوری را ببینید). مطمئن شوید که کلاهک به سطح آزمون متصل شده است. قبل از کلاهک‌گذاری نباید انتهای آزمون روغن‌کاری شده باشد. وقتی از ابزار کلاهک‌گذاری استفاده می‌کنید، ملات را بر روی سطح صفحه کلاهک‌گذاری ریخته، استوانه را روی صفحه کلاهک‌گذاری به نحوی که کناره‌های آن با بازوهای راهنما مماس است، قرار دهید. استوانه را در حالی که مماس با بازوهای راهنما است روی صفحه کلاهک‌گذاری به سمت پایین فشار دهید. تا سخت شدن ملات، آزمون استوانه‌ای که انتهای آن روی صفحه کلاهک‌گذاری و کناره‌های آن مماس با بازوهای راهنما می‌باشد، نگه‌دارید. برای کلاهک‌گذاری مناسب پس از سخت شدن ملات، در انتهای آزمون‌های استوانه‌ای از مقدار کافی ملات گوگرد استفاده کنید.

**یادآوری** - به صورت دوره‌ای بعد از انجام آزمون، کلاهک تهیه شده از ملات گوگرد باید از نظر وجود حباب‌های هوا یا بخار بررسی شود. قبل از انجام آزمون، می‌توان کلاهک را با یک سکه ضربه زده یا با یک وسیله سبک فلزی سائید تا در صورت وجود حباب صدای پوکی شنیده شود.

**احتیاط** - وقتی ملات گوگرد با مواد آلی مانند پارافین یا روغن آلوده می‌شود، ممکن است در حین کلاهک‌گذاری گاز سولفید هیدروژن تولید شود. این گاز بی‌رنگ بوده، بوی بدی مثل بوی تخم مرغ گندیده دارد. هرچند بوی بد علامت هشدار مناسبی نیست، زیرا حساسیت به بو پس از مدتی ضعیف می‌شود. غلظت بالای این گاز مرگ‌آور بوده، غلظت‌های کم ایجاد تهوع، بی‌اشتهایی، گیجی، سردرد یا سوزش چشم می‌کند. به همین دلیل و دلایل دیگر، ظرف ذوب باید زیر هواکش قوی قرار گرفته، محیط کلاهک‌گذاری به‌خوبی تهویه گردد.

### ۵-۲-۵ بازرسی روزانه

۵-۲-۵-۱ هر روز هنگام کلاهک‌گذاری، قبل از انجام آزمون مقاومت فشاری بر روی حداقل سه آزمون که به‌طور تصادفی در شروع، وسط و خاتمه کار انتخاب شده‌اند، مسطح بودن کلاهک‌ها را بررسی کنید. مسطح بودن

کلاهک‌ها را با یک خط‌کش لبه راست و فیلر<sup>۹</sup> بررسی کنید. جهت اطمینان از این که میزان انحراف سطح کلاهک‌ها از مسطح بودن بیشتر از ۰.۵mm نیست، حداقل سه بار اندازه‌گیری را در قطرهای متفاوت انجام دهید. طبق یادآوری بند ۲-۵-۴ وجود حباب‌های هوا یا فضاهای توخالی را بررسی کنید. نتایج این اندازه‌گیری‌ها را در مدارک کنترل کیفی آزمایشگاه یادداشت کنید. اگر کلاهک‌ها مسطح نبوده یا دارای فضاهای خالی باشند، آن‌ها را برداشته، دوباره کلاهک‌گذاری کنید.

۲-۵-۲-۵ هر روز هنگام انجام آزمون مقاومت فشاری ضخامت کلاهک حداقل سه آزمون که به صورت تصادفی از شروع، وسط و خاتمه کار آن روز انتخاب شده‌اند، بررسی کنید. پس از انجام آزمون مقاومت فشاری، حداقل شش قطعه از مصالح کلاهک‌گذاری را از بالای آزمون انتخابی جمع‌آوری کنید (یادآوری را ببینید). قطعه‌ها باید به صورت تصادفی از تمام سطح کلاهک انتخاب شوند. قطعه‌های انتخابی باید از بتن کاملاً جدا شده باشند. ضخامت قطعه‌ها را تا نزدیک به ۰.۲ mm با استفاده از وسیله سنجش ضخامت مانند میکرومتر، کولیس و... اندازه گرفته، یادداشت کنید. میانگین و ماکسیمم ضخامت‌ها را با مقادیر جدول ۱ مقایسه کنید. نتایج اندازه‌گیری‌های ضخامت را در مدارک کنترل کیفی آزمایشگاه یادداشت کنید.

**یادآوری** - می‌توان کلاهک را با استفاده از یک چکش و قلم تیز (اسکنه) جدا کرد. نوک قلم را در خط اتصال و تقریباً موازی با صفحه کلاهک قرار دهید تا در اثر ضربه چکش به قلم، شکافی ایجاد شود. برای سادگی برداشتن کامل کلاهک می‌توان از چسب نواری در بالای کلاهک قبل از تلاش برای برداشتن آن استفاده کرد. نوار چسب، قطعه‌های مصالح کلاهک‌گذاری را که هنگام برداشتن کلاهک پرتاب می‌شوند نگه داشته، انتخاب قطعه‌هایی که به‌طور یکنواخت بالای سطح کلاهک پخش شده‌اند، را آسان می‌کند.

## ۶ نگره‌داری آزمون‌ها پس از کلاهک‌گذاری

۱-۶ آزمون‌های عمل‌آوری شده مرطوب را در فاصله زمانی بین اتمام کلاهک‌گذاری و زمان انجام آزمون، با قرار دادن در محفظه رطوبت یا پوشاندن با دو لایه پارچه کرباس مرطوب، در شرایط مرطوب نگه‌دارید. آزمون‌های کلاهک‌گذاری شده با گچ پلاستر را در آب غوطه‌ور نکرده یا در اتاق رطوبت بیش از چهار ساعت نگه‌دارید. کلاهک‌های گچ پلاستر را در برابر چکه‌های آب محافظت کنید.

۲-۶ آزمون‌های کلاهک‌گذاری شده را پس از سپری شدن زمان لازم برای دستیابی به مقاومت مورد نیاز مصالح کلاهک‌گذاری، طبق بند ۱-۴ آزمون کنید.

پیوست الف  
(الزامی)

نمونه گزارش مشخصات مواد کلاهدک گذاری

تاریخ انجام آزمون:			مصالح کلاهدک گذاری:		
قبول / رد	ضوابط	نسبت	بازبینی استوانه‌ها	مواد کلاهدک گذاری	شرح
<b>داده‌های آزمون استوانه‌های بتنی</b>					
			آزمون‌ه سایید شده (شاهد)	ملات گوگرد	نوع مصالح کلاهدک گذاری
قبول	$> 0.98Xc$	۱/۰۰۸	۶۶	۶۶/۵	میانگین مقاومت بتن (MPa)
قبول	$\leq 1.57c$	۱/۵۰۶	۱/۷۲	۲/۵۹	انحراف از استاندارد (MPa)
			۱۵	۱۵	تعداد استوانه‌های مورد آزمون
			ندارد	۷ روز	سن کلاهدک در زمان آزمون
<b>داده‌های آزمون مواد کلاهدک گذاری</b>					
			ندارد	۲/۸	میانگین ضخامت کلاهدک (mm)
				۹۱	مقاومت فشاری مکعب‌های ۵۰mm (MPa)
				۷ روز	سن مکعب در زمان آزمون
$1.2 (Avg_{str})^f = (79/8)^b$			ماکسیمم مقاومت بتن قابل کلاهدک گذاری (MPa)		
<p>Xc: میانگین مقاومت آزمون‌ه استوانه‌ای که با ساییدن تراز شده است (شاهد).</p> <p>c: انحراف از استاندارد میانگین مقاومت آزمون‌ه استوانه‌ای که با ساییدن تراز شده است (شاهد).</p> <p>الف: میانگین مقاومت بتن کلاهدک گذاری شده با ملات گوگرد.</p> <p>ب: قابل کاربرد برای بتن‌هایی دارای مقاومت مشخصه ۷۵ MPa و کمی بیشتر.</p>					
<b>تولید کننده:</b>					
<b>آزمایشگاه انجام دهنده آزمون:</b>					
<b>امضاء:</b>			<b>مسئول آزمایشگاه:</b>		