

۵-۱ اندود داخلی لوله‌های فولادی با ملات ماسه سیمان

۵-۱-۱ کلیات

مشخصات فنی این بخش در خصوص اندود جدار داخل لوله‌های فولادی به قطر بیش از ۱۰۰ میلیمتر با ملات ماسه سیمان می‌باشد. اندود سیمانی به منظور جلوگیری از زنگ‌زدگی و خوردگی سطح داخل لوله، اجرا می‌شود. زنگ‌زدگی لوله از یک طرف باعث پائین آوردن کیفیت آب انتقال یافته می‌شود (مانند ایجاد ناخالصی در آب، تغییر رنگ و تیرگی) و از طرف دیگر موجب زبری جدار داخلی و در نتیجه کاهش ظرفیت انتقال آب و بالاخره کاهش عمر مفید لوله می‌گردد.

اندود سیمانی اساساً سطح فلز لوله را با ایجاد محیط قلیائی در مجاورت سطح لوله از خوردگی محافظت می‌نماید. این محیط قلیائی از ترکیب آهک آزاد داخل سیمان با آب و رطوبت و تولید هیدرواکسید کلسیم به وجود می‌آید. بعلاوه این اندود، سطحی صاف و هموار در داخل لوله ایجاد کرده و در نتیجه ضریب زبری جدار داخلی لوله را کاهش می‌دهد. همچنین از افزایش ضریب زبری در طول دوره بهره‌برداری جلوگیری می‌شود.

مشخصات فنی ارائه شده در این بخش قابل استفاده در لوله‌های چند داکتیل نیز می‌باشد.

اندود سیمانی لوله‌های فولادی ممکن است در کارگاه مرکزی محل انبار لوله‌ها و قبل از نصب لوله (به صورت شاخه‌ای) اجرا گردد، یا اینکه اندود می‌تواند در طول خط و پس از نصب لوله (به صورت درجا) انجام شود.

ماشین‌آلات مورد نیاز، روش اجرا و عمل‌آوری اندود داخلی و نصب لوله‌ها بسته به محل اجرا متفاوت می‌باشد، بنابراین پیمانکار باید قبل از شروع عملیات اندود، روش اجرای کار، ماشین‌آلات و مصالح را به تصویب مهندس مشاور برساند.

برای اجرای اندود سیمانی لوله‌ها و زانوئی‌های با شعاع بزرگ، ماشین در داخل لوله حرکت کرده و ملات را به سطح داخلی لوله می‌باشد و ماله‌کشی با وسائل مکانیکی صورت می‌گیرد. تجهیزات مورد نظر باید از نوعی باشد که بتواند با نیروی گریز از مرکز، ملات سیمانی را به طور یکنواخت در طول لوله بپاشد. ضخامت لایه پوشش، با سرعت حرکت افقی دستگاه کنترل می‌شود. سطح ملات اندود سپس با ماله‌کشی مکانیکی صاف می‌گردد. سطح ملات را در لوله‌های با قطر کوچک می‌توان با ماله مخروطی صاف نمود.

برای انتخاب نوع ماشین‌آلات، توجه به نکات زیر توسط پیمانکار الزامی است:

الف - ماشین و تجهیزات اندود سیمانی مناسب برای قطر داخلی لوله باشد.

ب - قسمتی از ماشین که ملات را ضمن حرکت دورانی در جهت شعاع لوله به جدار لوله می‌باشد باید بتواند داخل لوله حرکت طولی داشته و مجهز به الکتروموتور و وسائل چرخنده‌ای باشد که با حرکت سریع دورانی بتواند ملات سیمانی را که به آن رسیده به اطراف خود بپاشد.

پ - ملات مورد نظر دارای دانه‌بندی و عیار سیمان و غلظت مناسب باشد به طوری که بتواند به راحتی توسط ماشین مورد نظر به جدار داخلی لوله پاشیده شده و به آن بچسبد و قشر اندود با ضخامت مورد نظر را ایجاد کند.

اندود سیمانی را می‌توان به روش گریز از مرکز نیز انجام داد. بدین ترتیب که هم‌زمان با چرخش لوله توسط ماشین‌آلات مربوط، ملات از طریق دهانه یک لوله تغذیه کننده متحرک به طور یکنواخت به داخل لوله مورد نظر ریخته شده، سپس لوله تغذیه کننده

خارج گشته و لوله برای مدتی چرخانده می‌شود تا ملات متراکم گردد. سپس لوله از روی دستگاه چرخاننده خارج شده و به صورت ملایم کج می‌گردد تا آب اضافی آن خارج شود.

جدار داخلی زانویی‌ها، سه‌راهی‌ها، تبدیل‌ها و سایر اتصالات و متعلقات باید با پاشیدن ملات به وسیله ماشین‌آلات و ماله‌کشی دستی و یا در صورتی که پاشیدن ملات به وسیله ماشین‌آلات امکان‌پذیر نباشد، با روش دستی مورد تأیید مهندس مشاور اندود شوند. در صورتی که لوله‌های تحویلی به پیمانکار دارای پوشش خارجی باشد، برای جلوگیری از وارد شدن آسیب احتمالی به پوشش خارجی، استفاده از ماشین‌آلاتی که با چرخاندن لوله و ریختن یکنواخت ملات در داخل لوله، عملیات اندود داخلی را انجام می‌دهند، مجاز نمی‌باشد. بعلاوه پیمانکار موظف است در هنگام نقل و انتقال و جابجا کردن لوله‌های دارای پوشش خارجی، تمهیدات لازم را به گونه‌ای فراهم نماید که از صدمه دیدن پوشش خارجی جلوگیری به عمل آید.

مصالص به کار رفته برای تهیه ملات اندود سیمانی باید با مشخصات ارائه شده در این بخش مطابقت داشته و کارها به طور کامل و توسط افراد آموزش دیده زیر نظر و سرپرستی افراد با تجربه انجام گردد. کلیه ماشین‌آلات مورد نیاز برای تمیزکاری لوله، اجرای اندود و ماله‌کشی باید به نحوی طراحی و ساخته شده باشند که کارها، مطابق مندرجات این مشخصات فنی به اجرا در آید. مهندس مشاور همواره اختیار دارد قبل از تصویب اجرای اندود، عملیات یا مصالحی را که با این مشخصات مطابقت نداشته باشد، مردود اعلام کند.

۴-۱-۵-۲ محوطه کار

لوله‌هایی که به صورت شاخه‌ای جدار داخلی آنها اندود می‌شود باید در محوطه‌ای مناسب چیده شوند. لوله‌های با قطر اسمی بزرگتر از ۶۰۰ میلیمتر نباید به منظور اندودکاری روی هم چیده شوند. لوله‌های با قطر اسمی ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر نباید بیشتر از دو ردیف و لوله‌های با قطر کوچکتر از ۴۰۰ میلیمتر نباید بیشتر از سه ردیف رویهم چیده شوند.

سطح محوطه مورد نظر برای چیدن لوله‌ها برای اجرای اندود باید به اندازه‌ای بالا آورده شود تا از نفوذ آبهای سطحی جلوگیری شود. بعلاوه این سطح باید با شن و مخلوطی از قیر یا مواد دیگر پوشانده شود تا از ایجاد گرد و خاک جلوگیری به عمل آید. بعد از آماده‌شدن محوطه مزبور، پیمانکار می‌تواند نسبت به تمیزکردن لوله‌ها و اندود کردن آنها، طبق مفاد این بخش اقدام نماید.

پیمانکار موظف به تأمین و تدارک ماشین‌آلات، ابزار کار و کارگران به میزان کافی بوده و باید برنامه اجرای کار را به نحوی تنظیم نماید که عملیات اندود لوله‌ها حتی‌الامکان متناسب با سرعت پیش‌بینی شده عملیات لوله‌گذاری صورت گرفته و مدت نگهداری لوله‌ها در محوطه به حداقل ممکن کاهش یافته و تعداد شاخه‌های اندود شده و آماده به کار لوله در روز به حداکثر مطلوب افزایش یابد.

پس از اتمام اندود هر دسته از لوله‌ها و آماده شدن آنها برای حمل به محل لوله‌گذاری، پیمانکار موظف است گواهی مبنی بر تکمیل عملیات اندود و آماده بودن لوله‌ها برای نصب را از مهندس مشاور دریافت نماید.

۴-۱-۵-۳ مصالح

مصالح مصرفی برای تهیه ملات ماسه سیمان نباید حاوی موادی باشد که قابل آزاد شدن در آب هستند، به جز در مواردی که مواد آزاد شده برای سلامتی زیان‌آور نبوده و رنگ، طعم و بوی آب را عوض نکند.

۵-۱-۳-۱ سیمان

سیمان مورد استفاده در ساخت ملات باید مطابق مشخصات سیمان پرتلند (د ت ۱۰۱) از سیمان نوع ۱ و یا سیمان نوع ۲ باشد، مگر این که سیمان نوع دیگری توسط مهندس مشاور تعیین گردیده باشد.

۵-۱-۳-۲ ماسه

ماسه مورد استفاده در ملات باید از مصالح دانه‌ای خنثی تشکیل شده باشد. توصیه می‌شود جنس ماسه از سنگهای سیلیسی باشد. ماسه باید تمیز، سخت، با دوام بوده و فقط دارای درصد ناچیزی از کلوخه‌های رسی، مواد سنگی سست یا پوسته‌ای، میکا، خاک پوسیده، روغن، قلیا و... باشد. نسبت وزنی این گونه مواد به کل نمونه باید کمتر از ۳ درصد باشد. بعلاوه محدودیت‌های جدول ۵-۱-۱ نیز باید رعایت شود.

جدول ۵-۱-۱ : حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان‌آور ماسه^۱

نوع مواد زیان‌آور	حداکثر درصد وزنی در کل نمونه	ملاحظات
کلوخه‌های رسی و دانه‌های شکننده	۳	شیست‌های در حال متلاشی شدن و تبدیل به خاک رسی مشمول این محدودیت هستند
دانه‌های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۰,۰۷۵ میلیمتر)	۳	مشروط بر اینکه دانه‌های رسی نباشد
ذغال سنگ، لیگنیت یا سایر مصالح سبک	۱	مواد ذغالی با وزن مخصوص نسبی کمتر از ۲ و رنگ قهوه‌ای تیره میباشند.
میکا	۱	درهرحال مجموع کلوخه‌های رسی و میکا نباید از ۳ درصد بیشتر باشد.
سولفات‌ها بر حسب SO ₃ --	۰/۴	-
کلرورها بر حسب Cl-	۰,۰۴	-

همچنین برای کنترل میزان آلودگیهای آلی، عدد رنگ ماسه نباید تیره‌تر از محلول رنگ مبنا که در ASTM C40 تعریف شده است، را داشته باشد. دانه‌بندی ماسه مورد استفاده در ملات باید به تصویب مهندس مشاور برسد و باید ۱۰۰ درصد آن از الک نمره ۱۶ (۱/۱۸ میلیمتر) بگذرد و نباید بیشتر از ۵ درصد آن از الک شماره ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر) بگذرد. شماره الک‌ها بر اساس ASTM E11 می‌باشند.

۵-۱-۳-۳ آب

آب مصرفی در ساخت ملات ماسه سیمان باید تمیز و صاف باشد. مقادیر مواد آلی نمکها و یا ناخالصی‌های دیگر که می‌توانند باعث کاهش مقاومت، استحکام و دیگر کیفیت‌های نامطلوب ملات گردند، باید در حد مجاز باشد. آب مصرفی باید قابل آشامیدن بوده و یا کیفیت آن با آب آشامیدنی قابل مقایسه باشد. هدایت الکتریکی آب باید از ۲۰۰۰ $\mu\text{S}/\text{cm}$ و عدد مصرف پرمگنات پتاسیم آن از ۱۰ میلی گرم در لیتر کمتر باشد.

^۱ روش آزمایش مطابق مندرجات آیین‌نامه بتن ایران خواهد بود. مأخذ : نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۵-۳-۱-۴ مواد افزودنی^۱

استفاده از مواد افزودنی مجاز نمی‌باشد مگر این که پیمانکار قبلاً نوع و مشخصات مواد افزودنی پیشنهادی خود را به مهندس مشاور ارائه نموده و تأیید وی را دریافت نماید، ولی در هر حال مسئولیت نهایی استفاده از مواد افزودنی به عهده پیمانکار است.

۵-۳-۱-۵ ترکیبات عمل‌آوری ملات^۲

منظور از ترکیبات عمل‌آوری ملات، مواد مناسبی است که با پاشیدن آن بر روی قشر اندود، از تبخیر آب ملات جلوگیری می‌شود. مشخصات این مواد در صورت استفاده از آن باید مطابق استاندارد ASTM C309 یا استاندارد مشابه باشد.

۴-۱-۵ آماده‌سازی سطح لوله فولادی

به منظور چسبندگی کافی اندود به سطح داخلی لوله فولادی، تمام سطح فولاد باید از ناخالصی‌ها و مواد سست مانند روغن، گریس، زنگ آهن سست، گرد و غبار، خرده مصالح ساختمانی دانه‌های سست جوش و امثال آن زدوده و تمیز شود. برای تمیز کردن سطح لوله، استفاده از برس‌های مکانیکی بلامانع می‌باشد و نیازی به عملیات شن‌پاشی و یا ماسه‌پاشی نمی‌باشد. آماده‌سازی سطح فولاد تا درجه Sa2 مطابق استاندارد DIN 55928 Part 4 و یا استاندارد سوئدی SIS 055900 و یا مشابه آن کافی نمی‌باشد. زنگ‌زدگی ملایم که در اثر آزمایش هیدرواستاتیک و امثال آن به وجود می‌آید، مجاز بوده و نیازی به زدودن آن نمی‌باشد.

۵-۱-۵ اجرای اندود با ملات ماسه سیمان

۱-۵-۱-۵ ملات ماسه سیمان

ملات ماسه سیمان متشکل از سیمان، ماسه و آب می‌باشد که باید با نسبت اختلاط مناسب به خوبی مخلوط شود و به حداکثر قوام خود برسد تا بتوان اندودی متراکم و یکنواخت پدید آورد که به خوبی به سطح لوله بچسبد. نسبت اختلاط تقریبی ماسه و سیمان بین یک قسمت حجمی سیمان به یک تا یک و نیم قسمت حجمی ماسه می‌باشد. نسبت اختلاط دقیق با توجه به دانه‌بندی و مشخصات ماسه مصرفی تعیین می‌گردد و باید به تصویب مهندس مشاور برسد. در صورتی که عملیات اندودکاری در کارگاه مرکزی انجام می‌شود، مقدار ماسه و سیمان باید به صورت وزنی اندازه‌گیری شود و در سایر موارد با نظر مهندس مشاور می‌توان این نسبت را به طور حجمی اندازه‌گیری کرد. مقدار سیمان مصرفی در هر مترمکعب ملات نباید کمتر از ۸۰۰ کیلوگرم باشد.

درجه تراکم اندود بستگی به روش اجرای اندود دارد و نسبت آب به سیمان یکی از عوامل اصلی در میزان تراکم است. نسبت وزنی آب به سیمان باید بین ۰/۳۰ تا ۰/۴۵ تعیین گردد. مقدار آب باید حداقل ممکن برای کارایی مناسب ملات باشد. آزمایش روانی^۳ باید به طور متناوب بر روی ملات تازه مخلوط شده و بلافاصله قبل از این که ملات به ماشین تغذیه گردد، به عمل آید. آزمایش باید مطابق روش استاندارد ASTM C143 انجام شود.

^۱ Admixture^۲ Curing Compound^۳ Slump

حداکثر مقدار اسلامپ نباید از مقادیر مندرج در نمودارهای شماره ۵-۱-۱ و ۵-۱-۲ برای مواردی که تغذیه توسط پمپ بتن و یا تغذیه توسط وسایل مکانیکی انجام می‌شود، حسب مورد تجاوز کند.

میزان یون کلر قابل حل، در مخلوط ملات سیمانی نباید از ۰/۱۵ درصد وزن سیمان بیشتر باشد.

برای اطمینان از اختلاط کامل ملات، عمل مخلوط کردن باید در مخلوط‌کن موتوردار (میکسر) انجام شود و مدت اختلاط ملات پس از اضافه کردن آب نباید کمتر از ۱/۵ دقیقه باشد. ملات سیمانی که گیرش اولیه آن انجام شده باشد، کاملاً مردود است و تحت هیچ شرایطی نباید در اندود لوله‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۱-۲ ضخامت اندود

اندود سیمانی لوله‌ها باید از نظر ضخامت یکنواخت بوده و رواداری آن در حد مجاز باشد. ضخامت اندود باید مطابق جدول ۵-۱-۲ بوده، به جز در مواردی که ضخامت دیگری توسط مهندس مشاور تعیین گردیده باشد.

در صورتی که ضخامت اندود بیشتر از ۱۳ میلیمتر تعیین شده باشد، با تأیید مهندس مشاور، پیمانکار می‌تواند آنرا در دو لایه اجرا نماید. رواداری ضخامت، ۱/۵- میلیمتر و ۳+ میلیمتر است.

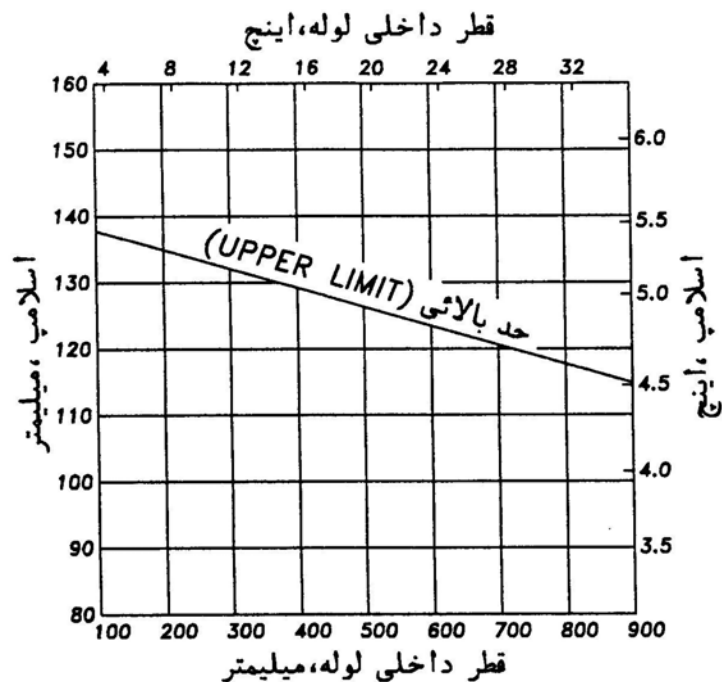
انتهای اندود باید یکنواخت و نسبت به محور طولی لوله قائم باشد. مقدار عقب‌نشینی اندود از انتهای لوله توسط مهندس مشاور تعیین می‌گردد.

جدول ۵-۱-۲: ضخامت اندود سیمانی

ضخامت اندود (میلیمتر)		قطر لوله (میلیمتر)
لوله فولادی	لوله چدن داکتیل	
۶	۵	۱۰۰ تا ۲۵۰
۸	۶	۲۸۰ تا ۵۸۰
۱۰	۸	۶۰۰ تا ۹۰۰
۱۳	۸	بزرگتر از ۹۰۰

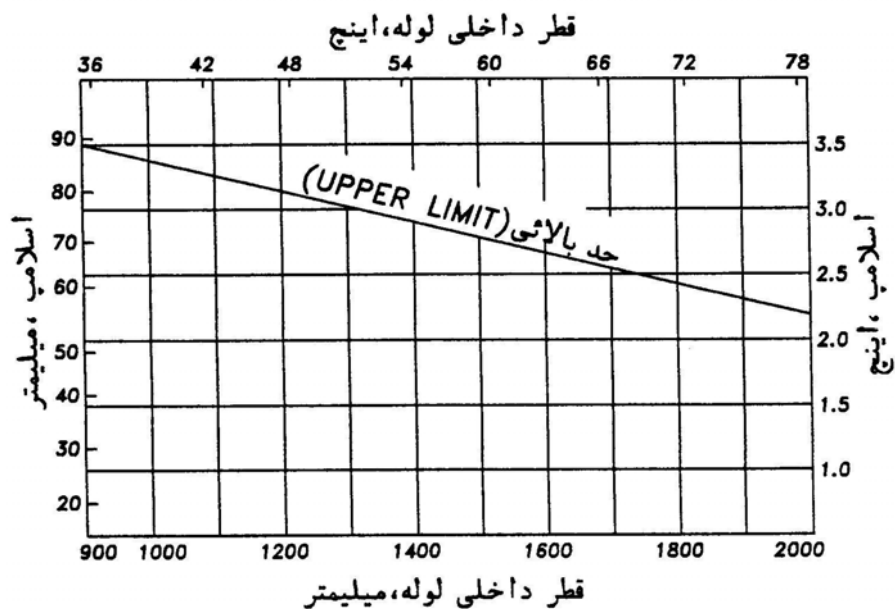
ضخامت اندود تازه اجرا شده به وسیله یک تیغه فولادی سخت، مدرج شده که در اندود فرو برده می‌شود و اندازه‌گیری می‌گردد. ضخامت اندود عمل‌آورده شده به وسیله ابزار الکترومغناطیسی و یا مغناطیسی و یا کولیس اندازه‌گیری می‌شود (روش غیرمخرب N.D.T). ضخامت اندود باید در چهار نقطه با زاویه ۹۰ درجه از همدیگر در یک مقطع که حداقل ۲۰ سانتیمتر از انتهای لوله فاصله داشته باشد، اندازه‌گیری شود. متوسط چهار اندازه‌گیری به عنوان ضخامت تعیین می‌شود.

اندود باید در هر دو انتها حداقل ۲۰ سانتیمتر از سر لوله فاصله داشته باشد و حداقل در یک مقطع عمود بر محور لوله اندازه‌گیری شود.



نمودار ۵-۱-۱: حد بالایی اسلامپ ملات سیمانی مورد استفاده برای اندود لوله‌های فولادی

در حالتی که از پمپ برای انتقال ملات استفاده می‌شود



نمودار ۵-۱-۲: حد بالایی اسلامپ ملات سیمانی مورد استفاده برای اندود لوله‌های فولادی

در حالتی که از وسایل مکانیکی برای انتقال ملات استفاده می‌شود

۵-۱-۳ روش اجرای اندود

در صورتی که اندود لوله در طول خط لوله و به صورت درجا اجرا می‌شود، به منظور انتقال ماشین آلات اندودکاری و مصالح اندود به داخل لوله، لازم است ورودی‌هایی در طول خط لوله در نظر گرفته شود.

نظر به این که طولی که دستگاه مخصوص اندود می‌تواند عمل کند محدود است، لذا اولاً باید طول مانور ماشین با توجه به خصوصیات دستگاه و توصیه‌های سازنده آن انتخاب شود و ثانیاً با توجه به این طول و سایر عوامل، خط لوله نصب شده به قطعاتی تقسیم شود که در ابتدا و انتهای هر قطعه یک محل ورودی برای دسترسی به داخل خط لوله پیش‌بینی گردد، بنابراین طول هر قطعه باید برابر و یا کمتر از دو برابر طول مانور دستگاه انتخاب گردد، به طوری که ماشین بتواند از هر ورودی به خط لوله، نیمی از دو قطعه منتهی به آن ورودی را اندود کند. در صورتی که در طول خط لوله، زانوهای وجود داشته باشد که ماشین نتواند از آن عبور کند، لازم است قطعات خط لوله به نحوی تعیین شود که این زانویی‌ها در ابتدا یا انتهای یک قطعه قرار گیرد. همچنین محل شیرآلات خط لوله نیز می‌تواند به عنوان ورودی به داخل خط، در ابتدا و یا انتهای یک قطعه قرار گیرد.

برای اینکه بتوان ماشین و مصالح اندود را به قطعه مورد نظر وارد کرد، باید ابتدا و انتهای آن باز باشد. بنابراین می‌توان با ایجاد دیوارهای موقت و برداشتن خاک بین دیوارها، عملاً اتاقچه‌ای (فضایی) با ابعاد کافی در ابتدا و انتهای قطعه مورد نظر ایجاد کرد، به طوری که کارگران فضای کافی برای کار داشته باشند.

برای دسترسی به داخل لوله، می‌توان از نصب لوله در قسمت اتاقچه موقتاً خودداری کرد و یا این که با بریدن قسمت بالایی لوله نصب شده، فضای لازم برای ورود ماشین به داخل لوله را ایجاد کرد.

در صورتی که اندود در کارگاه مرکزی انجام می‌شود، همانطوری که در بند ۵-۱-۲ آمده است، لوله‌ها در محوطه اندودکاری چیده می‌شوند.

بلافاصله قبل از حرکت ماشین برای اندودکاری، تمام مواد خارجی مانند خاک، ماسه، ملات سست و دیگر ناخالصی‌ها باید از داخل لوله جمع‌آوری شود و سطح داخل لوله همانطوری که در بند ۵-۱-۴ بیان شده است، برای اندود آماده‌سازی گردد. لوله‌ها و زانویی‌ها با شعاع بزرگ که برای اندود نمودن آنها، ماشین در داخل لوله حرکت می‌کند و ملات را به سطح داخلی لوله می‌پاشد، در یک قشر و با یک بار حرکت و در صورتی که ضخامت قشر اندود بیشتر از ۱۳ میلیمتر باشد، با تأیید مهندس مشاور، در دو قشر اندود می‌گردد. محلهایی که قبلاً ملات بر روی آن قرار گرفته، باید قبل از اجرای لایه دوم ملات، با آب یا دوغاب سیمان مرطوب گردد. دمای سطح فولاد هنگام اجرای اندود باید بیش از ۵ درجه سانتیگراد باشد. ضخامت لایه اندود با سرعت حرکت افقی دستگاه و میزان پاشش ملات کنترل می‌شود. سطح اندود سپس با ماله مکانیکی ماله کشی می‌شود. در لوله‌های با قطر کوچک می‌توان از ماله (شمشه) مخروطی استفاده نمود. ماله باید با فشار یکنواخت بر روی ملات، اندودی با ضخامت یکسان و سطحی صاف و عاری از ناهمواری خطوط ماله و شیار به وجود آورد. باید دقت شود که ماله، سطح اندود را شکافد و در آن ناهمواری ایجاد نکند. از نظر خلل و فرج، سطح اندود در حد پوست پرتقالی مجاز است ولی سطح اندود نباید کرمو باشد.

۵-۱-۴ اجرای اندود اتصالات و متعلقات

اندود داخل کلیه زانویی‌ها، سه‌راهی‌ها، تبدیل‌ها و سایر اتصالات و متعلقات خط لوله که اجرای اندود آن با ماشین میسر نباشد، با روشهای دستی مورد تأیید مهندس مشاور اندود شده و سطح آن متراکم و صاف گردد.

مصالص مورد استفاده برای تهیه ملات، عیناً دارای مشخصات ملات ماسه سیمان در اندود لوله می‌باشد. تمیزکاری سطح مورد اندود باید مطابق بند ۵-۱-۴ (آماده‌سازی سطح لوله فولادی) صورت پذیرد.

در صورت لزوم، سطوح مورد نظر باید قبل از اجرای اندود با آب یا دوغاب سیمان مرطوب شوند. ضخامت اندود داخل متعلقات و اتصالات مانند ضخامت اندود قطعات لوله مستقیم می‌باشد. برای اندود اتصالات و متعلقات و اتصالات با قطر بزرگتر از ۶۰۰ میلیمتر، در صورتی که مهندس مشاور لازم بداند، دستور مسلح‌سازی اندود با توری سیمی را صادر می‌نماید. توری سیمی را می‌توان به وسیله جوش نقطه‌ای و یا سیم فلزی در اتصالات مهار نمود.

۵-۵-۱-۵ اجرای اندود محل اتصالاتی‌ها

برای اجرای اندود محل اتصالاتی لوله‌هایی که در کارگاه مرکزی اندود شده و اتصال آنها به وسیله جوشکاری صورت می‌گیرد، باید مطابق مفاد نشریه شماره ۱۷۳ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، استاندارد AWWA C205 و یا استانداردهای مشابه به ترتیب زیر عمل شود :

۱-۵-۵-۱-۵ مصالح اندود محل اتصالاتی‌ها

ماسه و سیمان مصرفی باید به نسبت وزنی ۲ به ۱ ماسه به سیمان به صورت مخلوط خشک تهیه شود و سپس با مقدار کافی آب مرطوب گردد تا بتوان محل اتصالاتی‌های جوشی را بدون مشکل ریختن، با ملات پر کرده، متراکم و ماله‌کشی نمود.

ماسه مورد استفاده می‌تواند دارای دانه‌بندی مناسب برای کارهای اندودکاری مطابق نشریه مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) و یا استاندارد ASTM C35 باشد. آب مصرفی باید دارای کیفیت آب مورد استفاده در اندود لوله‌ها باشد.

۲-۵-۵-۱-۵ اجرای اندود محل اتصالاتی‌ها

قبل از اجرای اندود، باید سطوح مورد نظر به دقت تمیز شده و کلیه زائده‌های آن پاک و سپس مرطوب گردد تا بین ملات اندود لوله و ملات اندود اتصالاتی، پیوستگی خوب ایجاد گردد. سپس سطح داخلی اتصالاتی‌ها با ملات پر شده، با ماله‌کشی و یا وسیله مورد تأیید دیگر، هم تراز با سطح اندود داخل لوله صاف گردد.

اندود اتصالاتی‌ها قبل از این که خط لوله مورد استفاده قرار گیرد، باید حداقل به مدت ۲۴ ساعت عمل‌آوری گردد.

۶-۵-۱-۵ عمل‌آوری اندود در کارگاه مرکزی

بلافاصله پس از پایان عملیات اندود لوله، باید عمل‌آوری آن شروع شود. در صورتی که لوله به طریقه چرخاندن در ماشین مخصوص اندود شده است، در موقع حمل آن به محل عمل‌آوری، باید نهایت سعی و دقت مبذول گردد تا از آسیب دیدن اندود جلوگیری به عمل آید.

تاریخ اجرای اندود باید بر روی لوله درج شود. پیمانکار می‌تواند عمل‌آوری رطوبتی (با آب) و یا عمل‌آوری سریع را به کار گیرد. این دو روش با نسبت یک ساعت عمل‌آوری سریع معادل ۵/۳۳ ساعت عمل‌آوری رطوبتی قابل جایگزینی هستند. در تمام مدت زمان عمل‌آوری رطوبتی دمای سطح فولاد باید بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد.

۵-۱-۵-۱-۶ عمل‌آوری رطوبتی

پس از انجام عملیات اندود لوله و حداکثر ۳۰ دقیقه پس از تکمیل آن، باید دو انتهای لوله را با پلاستیک و یا پارچه مرطوب پوشاند. قبل از حمل و جابجایی لوله‌ها، باید با پاشیدن پیوست یا متناوب آب به مدت چهار روز، اندود در شرایط مرطوب نگهداشته شود تا عمل‌آوری آن تکمیل گردد. در صورتی که شرایط کاملاً مناسب نباشد (به عنوان مثال، دمای محیط کار بین ۵ تا ۱۵ درجه سانتیگراد باشد)، زمان عمل‌آوری ممکن است با نظر مهندس مشاور افزایش یابد.

در شرایط مناطق گرمسیر، باید دمای لوله با پوشاندن سطح خارجی لوله با گونی، حصیر و نظیر آنها و پاشیدن آب بر روی آن، پایین نگهداشته شود تا از جمع شدن اندود و ترک خوردن آن جلوگیری به عمل آید.

دو انتهای لوله‌ها باید در دوره عمل‌آوری، با درپوش بسته نگهداشته شود، مگر هنگام آب‌پاشی اندود یا زمانی که عمل‌آوری سریع جایگزین عمل‌آوری رطوبتی می‌گردد. از این درپوش‌ها می‌توان در هنگام جابجایی و حمل لوله به محل نصب برای جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی و یا ورود اجسام خارجی به داخل لوله نیز استفاده کرد.

۵-۱-۵-۲-۶ عمل‌آوری سریع

عمل‌آوری سریع با بخار را می‌توان یک ساعت پس از اجرای اندود آغاز کرد. دمای لوله برای سه ساعت اولیه پس از اجرای اندود و یا طول مدت گیرش ملات (هرکدام کمتر باشد) نباید از ۳۲ درجه سانتیگراد تجاوز نماید. دمای بخار در محیط عمل‌آوری باید حداقل برای ۱۸ ساعت بین ۴۳ تا ۶۶ درجه سانتیگراد حفظ شود و رطوبت نسبی باید بیشتر از ۸۵ درصد باشد.

حمل و نقل و جابجایی لوله‌ها بعد از حداقل ۱۸ ساعت عمل‌آوری سریع مجاز می‌باشد.

۵-۱-۵-۳-۶ سایر روش‌های عمل‌آوری

روش‌های دیگر عمل‌آوری پیشنهادی پیمانکار که به تأیید مهندس مشاور رسیده باشد و اندود با مشخصات خواسته شده حاصل شود، نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۱-۵-۷ عمل‌آوری اندود در طول خط لوله

هنگامی که عملیات اندود به صورت درجا در طول خط لوله اجرا می‌گردد، بلافاصله پس از اجرای هر قطعه، تمام ورودی‌ها، روزنه‌ها و بازشوها باید بسته شود تا از خشک شدن سریع اندود و ترک خوردن آن جلوگیری به عمل آید. پس از گذشتن مدت زمان کافی از اجرای اندود، به طوری که اندود صدمه نبیند، می‌توان با ایجاد پشته در ورودی‌های هر قطعه و ریختن آب به داخل لوله، شرایط محیط مرطوب در داخل لوله ایجاد کرد.

برای جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب به بدنه خط لوله و بالا رفتن دمای لوله، بهتر است اندود داخلی پس از خاکریزی روی لوله انجام شود. در غیر این صورت و در شرایط مناطق گرمسیر، باید دمای لوله با پاشیدن آب بر روی سطح خارجی لوله پایین نگهداشته شود تا از جمع شدن اندود و ترک خوردن آن جلوگیری گردد.

تا زمانی که لوله از آب پر نشده و یا دستگاه نظارت اجازه نداد، باید درپوش ورودی‌ها و بازشوها در جای خود باقی بماند و رطوبت داخل لوله حفظ گردیده و عملیات عمل‌آوری به مدت حداقل ۴ روز ادامه یابد.

۵-۱-۸ نمونه‌گیری و آزمایش ملات اندود

برای آزمایش ملات اندود باید حداقل ۲ عدد نمونه استوانه‌ای به قطر ۱۵ سانتیمتر و طول ۳۰ سانتیمتر از هر شیفت کاری در هر روز تهیه نمود تا آزمایش مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه بر روی آنها انجام شود. نمونه‌ها باید مطابق استاندارد ASTM C172 برداشته شوند.

نمونه‌های استوانه‌ای برای آزمایش ملات باید مطابق استاندارد ASTM C31 ساخته شوند و از نظر دما و نحوه عمل‌آوری مطابق اندود داخلی لوله‌ها عمل‌آوری گردند.

کلیه نمونه‌های استوانه‌ای باید مطابق با استاندارد ASTM C39 توسط آزمایشگاه معتبر و مورد تأیید مهندس مشاور آزمایش شوند.

حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه به دست آمده از آزمایش نمونه‌های استوانه‌ای باید به ترتیب ۱۸ مگاپاسکال (۱۸۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) و ۳۱ مگاپاسکال (۳۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) باشد. اگر در آزمایش ۷ روزه، مقاومت لازم برای آزمایش ۲۸ روزه به دست آید، می‌توان از آزمایش ۲۸ روزه صرف‌نظر نمود.

میانگین مقاومت فشاری اندازه‌گیری شده در هر ده نمونه استوانه‌ای متوالی برداشته شده، باید مساوی و یا بیشتر از مقاومت فشاری مشخص شده در بالا باشد.

حداکثر ۲۰ درصد از نمونه‌ها می‌توانند مقاومتی کمتر از مقاومت ذکر شده را دارا باشند. هیچ نمونه‌ای نباید دارای مقاومتی کمتر از ۸۰ درصد مقاومت مشخص شده در فوق باشد.

۵-۱-۶ نواقص اندود

کلیه نواقص اندود لوله، نظیر حفره‌های خالی، برآمدگی‌ها، بادکردگی‌ها، مناطق اشباع شده از ماسه، شکستگی ناشی از ضربه، باید کنده شده و دوباره با ملات ماسه سیمان به همان ضخامت اولیه، با روش دستی و یا روش اسپری بادی و نظایر آن اندود گردد. در صورتی که پیمانکار اثبات نماید^۱ که ترک‌های با عرض بیشتر از ۱/۶ میلیمتر با ترمیم خود به خودی ملات هنگام پر شدن لوله از آب ترمیم خواهند شد، این گونه ترک‌ها نیز نیازی به تعمیر ندارند. قطعه لوله‌ای که برای این منظور مورد آزمایش قرار می‌گیرد، باید نمونه کامل و واقعی از لوله‌های طرح بوده و آبی که برای پر کردن آن به کار می‌رود، باید دارای همان مشخصات آبی باشد که در لوله جاری خواهد شد.

۵-۱-۷ کنترل و نظارت

تمام مراحل اجرای اندود باید تحت نظارت کامل و مداوم مهندس مشاور باشد. بدیهی است این نظارت رافع مسئولیت‌های پیمانکار برای تهیه مصالح و انجام کار مطابق این مشخصات فنی نمی‌باشد. مهندس مشاور باید امکان بازدید از کلیه مراحل کار و مواد و مصالح مصرفی را داشته باشد.

^۱ در صورتی که با خیساندن مداوم لوله در آب، ترک‌ها خودبخود ترمیم شوند، نیازی به تعمیر و اصلاح ندارند. ترمیم خودبخود ترک‌ها را با هر روش مناسب که بتوان با خیس کردن و مرطوب نگهداشتن دائم پوشش داخلی لوله اجرا کرد، می‌توان ملاک قرار داد.

هر یک از لوله‌ها پس از خشک شدن اندود، مورد بازدید قرار خواهند گرفت و در صورت لزوم، چراغ مخصوص برای بازدید و دستگاه حامل چراغ باید توسط پیمانکار تهیه گردد. پس از انجام اندود هر دسته از لوله‌ها و آماده بودن آنها برای حمل و نصب، پیمانکار باید گواهی دال بر تکمیل اندود لوله‌ها و آماده بودن آنها برای نصب را از مهندس مشاور دریافت نماید.

۵-۱-۸ جابجا کردن لوله‌ها

۵-۱-۸-۱ جابجا کردن هنگام ساخت اندود

در تمام مدت اجرای اندود سیمانی و عمل‌آوری آن، لوله مورد نظر باید با دقت بر روی پایه‌های نگهدارنده قرار داده شود. اگر قرار است لوله به محل دیگری منتقل شود، این کار باید با احتیاط انجام شود تا از وارد آمدن هرگونه آسیب به اندود جلوگیری به عمل آید. قسمتهای صدمه دیده اندود باید کنده شده و تعمیر شوند.

۵-۱-۸-۲ جابجا کردن هنگام تحویل

در هنگام بارگیری، حمل و باراندازی لوله‌های اندود شده، باید این کار با احتیاط انجام شود تا از صدمه دیدن اندود جلوگیری گردد. بعلاوه باید کلیه موارد مندرج در فصل حمل و نقل و نگهداری لوله رعایت گردد. مسئولیت هرگونه آسیب وارده به لوله و اندود آن به عهده پیمانکار می‌باشد.