

REVESTIMENTO DE TUBULAÇÕES NO LOCAL COM ARGAMASSA DE CIMENTO

SUA HISTÓRIA, DESENVOLVIMENTO E TÉCNICA ATUAL

Compilado por
FRANK M. MATHENY

Apresentado por
JACK J. BILLETER

S E C Ç Ã O I

O DESENVOLVIMENTO DE TUBOS DE FERRO FUNDIDO E AÇO E O COMEÇO DE REVES- TIMENTO DE TUBULAÇÕES NO LOCAL COM ARGAMASSA DE CIMENTO

Com a iniciação na arte de cimentação de tubulações no local, acreditamos ser de interesse examinar de forma resumida a história dos métodos e materiais idealizados para transportar água de seus canais e bacias de armazenamentos naturais para áreas que não possuíam quantidades suficientes para as necessidades do homem.

Históricamente, comunidades humanas têm se desenvolvido junto ou perto de fontes naturais de água. Com os progressos do homem e

suas edificações mais permanentes, foram necessários meios para desviar a água de seu curso natural para áreas mais desejáveis ou convenientes. Os canais, aquedutos e condutos de tempos antigos mostraram a habilidade do homem para movimentar água há milênios de anos.

Com o passar do tempo, foram construídos edifícios mais completos com banhos, piscinas e fontes e desenvolvido um tubo de argila queimada para a distribuição. Naquela época, a pedra era o material de construção mais durável e disponível. Para controlar o vazamento através das juntas dos condutos e estruturas dos aquedutos, elas foram rebocadas internamente com argamassa hoje conhecida como material pozzolanico. Os fornecimentos deste material originalmente provinham de área ao redor de Puteoli (Puzzuoli), Itália e consistia de uma rocha silícia vulcânica muito fina, que na presença de hidróxido de cálcio e água, forma um material inorgânico denso e «cimentoso». Assim

Eastern Regional Manager — Ameron/Pipe Lining Division — P.O. Box 67, Kenilworth, N.J. 07033 — Na Conferência de Aguas e Esgotos do Canadá Ocidental, Calgary, Alberta, Canadá.

o revestimento de estruturas condutoras de água para prevenção de vazamento, não era novidade, remontando sua prática muito antes da era Cristã.

Tubos de ferro fundido tiveram seu início ao redor de 1660 em Versailles, França, porém seu uso antes de 1738 foi muito limitado devido a seu alto custo de produção. Em fins de 1880, a chapa de aço entrou no campo de tubulações de água. Anterior ao desenvolvimento de solda, especialmente elétrica, a construção deste tubo era rebitado. Tubos «lock bar» costurados com juntas rebitadas eram muito usadas antes do tubo soldado.

No início deste século, tubos rebitados de diâmetros médios e grandes foram revestidos com argamassa de cimento, no campo. Os primeiros revestimentos usaram cimento natural. A história do revestimento de tubo na fábrica, utilizando argamassa de cimento Portland, remonta aos anos de 1920.

Experiências antigas demonstraram que o contacto íntimo d'água alcalina com ferro inibe oxidação. Atribue-se a Joseph Aspidim, um Inglês de Portland, Inglaterra, em 1842, o desenvolvimento de cimento Portland, que introduziu uma liga que, contrariamente aos cimentos imprevisíveis pozzolanas ou naturais, permitiam adicionando água, produzia um material de confiança e consistente para cimentar e juntar a massa. Cimento Portland comprovou-se um aliado natural à areia usada no revestimento de tubos de aço e ferro fundido. Como cimento Portland e argamassa de areia é relativamente porosa, permite a penetração de água até a parede do tubo onde fica presa e estática. No processo de filtragem através da argamassa torna-se alcalina devido à composição do cimento Portland, que é uma mistura fina queimada e granulada de pedra calcárea e matéria argilosa ou marga. Isto forma o ambiente alcalino que inibe a oxidação e tuberculação do ferro.

Em 1921, em Charleston, South Carolina, um esforço foi feito para aplicar revestimento em tubos de ferro fundido na fábrica, apoiados por gerentes de repartições d'água inconformados com o custo para manter as tubulações livre de tubérculos. Estes primeiros revestimentos aplicados na fábrica foram feitos com o tubo de pé; colocando um «plug» cônico com uma corda segurada na ponta, dentro do tubo; colocando suficiente argamassa de cimento acima do «plug» para revestir o tubo; e depois puxar

o «plug» para cima dentro do tubo. Com o aumento do mercado para revestimentos de tubulações foram desenvolvidos melhoramentos no processo de revestimento, surgindo o processo centrífugo de revestimento na fábrica. Em 1936 foram estabelecidas especificações referente à espessura de revestimento em tubulações de ferro fundido, com argamassa de cimento, aplicado na fábrica e foram revisados em 1939 para especificar a mistura cimento-areia, bitola de peneira de areia e propriedades físicas gerais.

A história do revestimento de tubo no local teve início nos primeiros anos de 1930 quando foi desenvolvido um processo utilizando argamassa de cimento, na Austrália. Foi concedida uma patente para este sistema com «plug» em 1932, que era basicamente o mesmo usado em Charleston em 1921, porém com melhoramentos que permitiam a desidratação da argamassa e centralizado o «plug» dentro do tubo.

No ano seguinte, 1933, outro processo de «plug» foi patenteado, também na Austrália. Este era muito similar ao processo original e com os mesmos resultados. Estes dois processos têm sido muito usados para o revestimento de tubulações de tubos de ferro fundido e aço no local.

Em 1935 foi desenvolvida uma máquina para aplicar revestimento de argamassa de cimento em tubo no lugar, centrifugando a argamassa pulverizada contra a parede do tubo.

Esta primeira máquina limitava-se a tubos de 24 polegadas ou mais, de diâmetro, porém posteriormente foram desenvolvidos melhoramentos por várias companhias tornando este processo prático para tubos de até 4 polegadas de diâmetro.

Cimento Portland e areia são usados para revestimentos de argamassa de cimento tanto na fábrica como no local. As diferenças básicas residem na relação cimento-água e a granulometria da areia na argamassa. No processo na fábrica o excesso de água é eliminado girando o tubo.

Para permitir a argamassa se espalhar por igual dentro do tubo, a argamassa usada para revestimento no local contém consideravelmente menos água e assemelha-se mais na sua consistência a gesso.

A relação cimento-areia é 1:1 a 1:1½ (AWWA C104).

A absorção e compressão de revestimento no lugar ficam bem dentro das especificações para revestimento na fábrica para tubos de ferro fundido.

O produto básico é hoje o mesmo dos anos de 1930. Porém melhoramentos em equipamentos e materiais mais requintados elevam constantemente os padrões de qualidade e economia.

MÉTODOS DE REVESTIMENTO COM ARGAMASSA DE CIMENTO

Existem dois métodos principais para aplicação de revestimento no local com argamassa de cimento na atualidade; o processo tipo «plug» e o processo centrífugo. Uma descrição geral destes processos e equipamentos especiais para revestimento são apresentados e seguidos por uma descrição mais detalhada do equipamento e métodos.

Há vários fatores a serem considerados na escolha do método a ser utilizado.

Por exemplo, o diâmetro de tubo determina a gama de tamanho para considerar o tipo de máquina «plug».

A faixa prática consiste de tubos de 4 até 16 polegadas.

Devido à carga de argamassa que avança adiante da máquina durante o revestimento, todos os acessórios, desvios laterais, ramais e válvulas devem ser escavados e ou fechados ou retirados antes da limpeza e revestimento.

Isto torna-se demorado e dispendioso onde os acessórios e linhas laterais são numerosos e onde a tubulação encontra-se debaixo de ruas pavimentadas ou a onde o trânsito é pesado. Este processo presta-se melhor para linhas transmissoras de pequeno diâmetro sem complicações de acessórios, curvas e obstruções frequentes. É um processo simples e requer equipamento relativamente de baixo custo e simples.

O processo centrífugo, conforme o nome indica joga a argamassa de cimento por força centrífuga contra a superfície do tubo. Isto é obtido pela rápida rotação das pás girando ao redor do tubo ranhurado, da qual as pás cohem argamassa que saem das ranhuras da tremonha de armazenamento.

Esta é uma máquina mais versátil do que seu similar tipo «plug». A faixa normal de diâmetro para o processo centrífugo é de 4 até 180 polegadas. A faixa superior pode ser aumentada para 240 polegadas por meio de adaptações especiais ao aplicador e equipamento de carga. O processo permite manobrar nas curvas curtas, através de tês, cruzamentos, ramais «Y» e válvulas. Geralmente não é necessário escavar os acessórios já que a argamassa pode ser retirada soprando ar através deles, do medidor ou conexão residencial. Outrossim, a máquina centrífuga requer equipamento auxiliar mais complicado e custoso do que a máquina tipo «plug».

A máquina centrífuga dá o acabamento ao revestimento, logo após a aplicação por meio de pás. Geralmente para diâmetros abaixo de 24 polegadas, isto é obtido por um dispositivo cônico de folhas múltiplas, ligado diretamente atrás do aplicador (para certas e determinadas condições este método tem sido usado para diâmetros até 30 polegadas). Para tubulação de 25 polegadas ou mais, a máquina vem equipada com pás planas ou achatadas montadas sobre braços giratórios ligados diretamente atrás da pá giratória.

A reabilitação de tubulações pode acarretar muitos problemas, alguns dos quais podem ser resolvidos por equipamento especial. Este tipo de equipamento pode ser usado com o equipamento de revestimento normal ou separadamente, como no caso do dispositivo de vedação de juntas. Esta unidade consiste de uma carga de argamassa entre dois «plugs» ou chicanas puxadas através do tubo. Mantendo uma pressão na argamassa entre os «plugs», a argamassa é obrigada a entrar nas juntas do cano.

Às vezes em certas áreas o cano fica estruturalmente fraco.

Em tais casos, pode ser possível e econômico aplicar um revestimento centrífugo reforçado com aço. Isto pode ser efetuado utilizando gaiolas pré-formadas, malha de arame, ou por meio de uma máquina que aplica uma espiral contínua de barra de reforço com intervalos iguais no centro aproximado do revestimento de argamassa de cimento aplicado por centrifugação. Reforçando o revestimento de argamassa de cimento consegue-se dispersar a tensão na área fraca para dentro da área sadia do tubo.

O revestimento reforçado evidentemente não irá aumentar materialmente na maioria dos casos, a pressão de trabalho de uma tubulação acima da pressão de trabalho pela qual foi projetada. Pode haver exceções, no caso de tubulações não reforçadas de drenagem ou irrigação de baixa pressão onde a tensão permissível das barras excede à tensão projetada do tubo.

S E Ç Ã O I I

RECONDICIONAMENTO DE TUBULAÇÕES NO LOCAL

DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

Os custos da obra podem ser divididas em quatro categorias básicas: Material, mão de obra, consêrto e manutenção, e despesas gerais da obra. O contrato para revestir a tubulação de um cliente geralmente requer apenas um produto; um revestimento de desenho específico instalado em seu tubo. Tudo mais na obra, tal como limpeza, desvio (By-Pass), escavações e pavimentação, pode muitas vêzes exceder o custo real do revestimento, e torna-se necessário para poder entregar o revestimento ao cliente. Em algumas ocasiões pode concordar o empreiteiro em efetuar outras operações ligadas à obra, como instalação de válvulas, estruturas, abóbadas etc., porém êstes são gastos imprevistos na operação de revestimento e geralmente são orçadas separadamente.

PROCESSO «PLUG»

Geralmente a tubulação revestida pelo sistema «plug» e de aço ou ferro fundido, havendo exceções de concreto e barro. Tubos de aço e ferro fundido são revestidos na maioria dos casos para evitar a tuberculacão e para aumentar a vasão. Podem aparecer orifícios em tubos de aço causados por corrosão devido à eletrólisis ou oxidação. O revestimento de argamassa enche êstes furos evitando maior deterioração por dentro e, em alguns casos diminuirá a corrosão externa.

O revestimento de tubos de concreto e barro é feito geralmente para encher fendas e fechar juntas com vasamento. Porém, a deterio-

ração interna de algumas linhas de concreto tem acontecido devido à erosão ou transporte de soluções corrosivos. O revestimento destas linhas, frequentemente, acrescenta anos de vida útil.

ACESSO

Tubulações a serem reconcionadas pelo processo «Plug» devem ser abertas com intervalos de 150 a 300 pés e nas curvas ter laterais e qualquer outro ponto que possa obstruir o serviço de revestimento. Deve ser retirado um trecho do tubo de comprimento suficiente para introduzir a peça mais comprida a ser usada no tubo. Depois das operações de limpeza e revestimento êste trecho é recolocado, juntamente com os acessórios e obstruções que foram retirados.

Podem ser usados vários métodos para juntar novamente o tubo. Para tubos de aço podem ser usados acoplamentos mecânicos do tipo de junta de borracha, ou fitas de aço cobrindo a junta e soldadas ao tubo. Em alguns casos colocam-se luvas sôbre a junta vedando com cimento. Tubo de ferro fundido junta-se por meios mecânicos ou luvas com vedação. Êstes podem ser de aço ou ferro fundido de acôrdio com as necessidades do cliente. Tubo de concreto ou barro une-se geralmente por meio de luva fundida de concreto, mas pode em alguns casos unir-se com acoplamentos mecânicos.

LIMPEZA

Antes de revestir as tubulações, deve-se remover os depósitos de matéria estranha. Isto é feito por máquinas limpadoras que incluem raspadoras de aço, escovas ou agitadores de correntes; e em alguns casos jato de areia. São utilizados vários métodos para passar a máquina limpadora pelo tubo. O limpador hidráulico é forçado pelo tubo por meio de pressão de fluido e construído de tal forma que os depósitos retirados das paredes do tubo são despejados adiante da limpadora. As outras limpadoras deixam o material no fundo do tubo sendo necessário outra operação para removê-lo.

A limpeza de tubos de concreto ou barro é feita geralmente por meio de rolos de borracha, já que os dispositivos são de natureza macia e limosa.

Durante a operação de limpeza uma variedade de fatores podem causar dificuldades. A fonte maior de problemas são as obstruções imprevistas. Estas geralmente consistem de curvas que não constam nas plantas, redução do tamanho de tubo, juntas defeituosas, saliências no tubo feitas por novas entradas, desmoronamento do tubo, válvula de verificação e de linha não indicada em planta, chumbo de juntas chumbadas e, raramente, corpos estranhos presos na linha. Em alguns casos, especialmente tubulações de aço, pode haver deterioração do tubo tornando impraticável o uso de limpeza hidráulica sendo a única solução a limpeza mecânica.

PROCESSO CENTRÍFUGO

Neste processo, a máquina aplica à parede do tubo por meios de força centrífuga, argamassa de cimento. A argamassa é extrudada através de ranhuras num tubo e limpa por chapas girando rapidamente com distância do centro fixo, diametralmente em linha, e espaçados por igual ao redor da circunferência do tubo ranhurado de extrusão, conhecida como cabeça distribuidora. As bordas dentadas externas das chapas dispersam a argamassa pulverizando-a em forma de leque.

A faixa do tamanho do tubo que podem ser revestidos satisfatoriamente por determinado tamanho de máquina é decidido pelo tamanho da cabeça distribuidora, a velocidade de rotação da cabeça, e a velocidade com que é alimentado o tubo de extensão. A velocidade com que a argamassa sai da cabeça distribuidora é fator importante já que controla a força de impacto deve ser suficiente para compactar a argamassa na parede do tubo, sem a força capaz de fazer os grãos de areia separar-se da parede do tubo.

A argamassa usada é uma mistura de areia e cimento Portland, material pozzolanico ou cimento natural é usado às vezes como retardador e plastificador (podendo isto ser especificado pelo cliente por outras razões). O conteúdo de água da argamassa varia consideravelmente conforme o tamanho do tubo e o estado atmosférico. O tamanho dos grãos de areia deve enquadrar-se num padrão para obter os melhores resultados no bombeamento e acabamento.

Tem sido verificado que mudando as proporções do tamanho dos grãos de areia, modifica

muito as características da argamassa. Por esta razão, a areia a ser usada deve ser analisada e projetada num gráfico garantindo enquadrar-se nos limites permissíveis.

Do ponto de vista prático, revestimento no local com argamassa pode ser aplicado em tubos de 4 até 180 polegadas, e sob certas condições até 240 polegadas.

A espessura do revestimento que pode ser aplicado num passe por meio deste processo é regido por dois fatores principais. A argamassa logo que aplicada e no estado plástico, não possui força de compressão e assim não tem capacidade de fazer abóbada. Para manter-se na parede do tubo deve ser mantida a pressão atmosférica. A tensão de superfície d'água e sua atração molecular para com as partículas de areia e cimento, é suficiente para selar o vácuo entre a argamassa e a parede do tubo. Se este vácuo é quebrado por algum meio mecânico, tal como ponte de pá ou bolsa de ar ou água presa, que pode ser causada por escamas ou revestimento velho, o revestimento irá separar-se da parede do tubo sendo que quanto mais espesso o revestimento maior o perigo da queda.

Este vácuo também pode ser quebrado pelo peso da argamassa. Se o revestimento de argamassa for aplicado com espessura demais, o peso da argamassa torna-se maior do que a atração molecular d'água e este juntamente com o ar, é levado para a parede do tubo, quebrando o vácuo, e a argamassa irá separar-se da parede do tubo.

O outro fator que limita é que argamassa molhada possui pouca força de tensão e se for aplicada muito molhada e espessa demais, ela terá tendência para escorregar ou correr pelas paredes do tubo, especialmente quando for dado o acabamento.

REVESTIMENTO CENTRÍFUGO DE TUBOS DE 24 OU MAIS POLEGADAS DE DIAMETRO

O equipamento para revestimento de tubos de 24 polegadas ou mais, consiste da máquina aplicadora composta de tremonha que recebe a argamassa, o tubo ranhurado de extrusão, o cabeçote distribuidor e os motores e engrenagens necessários para movimentar estes componentes. Este conjunto é montado num veículo de 3 rodas com meios de ajuste que permitem o cabeçote

distribuidor ficar no centro do tubo e o eixo central da máquina revestidora paralela com o eixo central do tubo.

O fornecimento de argamassa à máquina revestidora é por meio de uma tremonha auxiliar na máquina aplicada. A argamassa é transportada por carrinhos ou gôndolas que viajam desde a abertura no tubo, utilizado como entrada de alimentação, até esta tremonha auxiliar. Esta tremonha-depósito alimenta a tremonha da máquina aplicadora conforme necessidades.

Os fatores que limitam a distância entre pontos de alimentação ou seja aberturas no tubo são a distância a que pode ser alimentado com argamassa a revestidora, e a distância a que pode ser fornecida corrente elétrica com voltagem suficiente na aplicadora através de um condutor que possa ser usado economicamente.

De forma geral, a distância de alimentação de argamassa é 1200 pés para tubo de 84 ou mais polegadas, 850 pés para tubo de 36 a 84 polegadas, e 650 pés para tubo de 24 a 36 polegadas. As distâncias indicadas para alimentação de argamassa são aquelas na qual a revestidora teria fornecimento suficiente de argamassa para operação contínua. Deve-se lembrar que se o tubo for revestido nos dois sentidos partindo de um ponto central, a distância entre pontos de alimentação seria o dobro da distância de alimentação de argamassa.

REVESTIMENTO CENTRÍFUGO DE TUBOS DE DIÂMETROS 4 A 24 POLEGADAS

O revestimento de pequeno diâmetro, 4 a 24 polegadas, pelo processo de aplicação centrífuga de revestimento de argamassa, é basicamente um enlace entre o processo centrífugo de diâmetro grande e o processo «plug». Ele abre um vasto campo no revestimento de tubo de pequeno diâmetro que o processo «plug» não consegue atingir.

Este processo foi desenvolvido inicialmente para aplicar uma camada fina protetora em tubo de ferro fundido para evitar tuberculação; o conceito sendo que desta maneira não seria necessário escavar as instalações e, na maioria dos casos, as laterais, tês e cruzamentos não precisariam ser retirados. Instalações com menos de uma polegada de diâmetro devem ser limpas

em sentido inverso com ar comprimido dentro de 30 minutos após revestir.

O equipamento consiste em um aplicador movido a motor elétrico ou pneumático com molas centrais de orientação e, em alguns casos, uma «aranha» para centralizar a mangueira. O contorno da tubulação e o comprimento do arraste decidem a necessidade da «aranha» centralizadora. Este arranjo evita que o peso da mangueira carregada com argamassa faça inclinar o aplicador e assim colocar o cabeçote distribuidor fora de linha e fora de centro em relação ao tubo.

A «aranha» também produz um efeito de breagem para suavizar qualquer movimento brusco devido ao grande comprimento do cabo sendo puxado. Para garantir uma velocidade constante do aplicador usa-se um guincho especial, sendo que o esforço de puxar é feito com uma «camada» de cabo no tambor. O guincho vem equipado com cabo de aço; a mangueira para argamassa e outra para ar ou condutor elétrico estão ligadas através da «aranha» ao dispositivo de revestimento. Uma bomba para argamassa é utilizada para fornecer a argamassa e um compressor ou gerador é usado para suprir ar comprimido ou eletricidade para movimentar o motor do aplicador. A mangueira da argamassa e a mangueira do ar ou condutor elétrico estão presas ao cabo de aço em cada junta da mangueira de argamassa com intervalos de aproximadamente 50 pés.

Abra-se a tubulação com intervalos de aproximadamente 500 pés. Retira-se do tubo um trecho suficiente que permita introduzir a peça mais comprida a ser usada no tubo, tanto o aplicador de revestimento como a máquina limpadora. A limpeza é efetuada por meio de uma linha de arraste ou ferramenta hidráulica de limpeza.

ACABAMENTO DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

É praxe no acabamento de superfícies de concreto ou argamassa de cimento deixar assentar um pouco antes de dar o acabamento final. No processo centrífugo o acabamento deve ser feito imediatamente após a aplicação da argamassa, que neste estado encontra-se muito macio e molhado.

O ajustamento das pás deve ser tal que elas aplicam suficiente pressão no revestimento para deixar liso o efeito furado da pulverização, porém sem deixar marcas das pás.

O conteúdo d'gua na argamassa tem grande influência no endurecimento do acabamento. Por esta razão, o operador da betoneira tem uma função importante na determinação da qualidade do acabamento do revestimento. Quanto mais se mantém o conteúdo de umidade constante, em relação ao endurecimento de acabamento, mais liso e uniforme será a superfície acabada. Isto vale tanto para o acabamento de arraste como acabamento rotativo. Tubo que não fôr redondo pode causar dificuldades no serviço de acabamento. As pás são ajustadas com pequeno ângulo em relação à superfície do revestimento. Este ângulo é muito preciso para obter uma superfície lisa. Um ângulo muito grande fará a pá trepidar deixando sulcos; ângulo muito pequeno fará a pá puxar a argamassa acumulando grande rolos imediatamente abaixo da linha da mola deixando uma superfície tósca e granulada. Este ângulo de contato deve ser mantido dentro de pequenos limites e quando o tubo não for redondo, este ângulo muda conforme a pá avança ao redor do interior do tubo. Quanto menos redondo fôr o tubo, maior será a mudança do ângulo, até chegar ao ponto da superfície acabada não ser aceitável. A pá de arraste, devido à sua forma cônica, possui um ângulo de contato fixo.

Estando fora de equilíbrio o cabeçote distribuidor produzirá excessiva vibração das pás criando uma superfície tósca e granulada. Jôgo no mecanismo da pá rotativa e desequilíbrio dos braços ou uma biela empenada ou fora de centro na pá de arraste, também pode resultar em superfície mal acabada.

REVESTIMENTO CENTRÍFUGO REFORÇADO COM BARRAS

Através dos anos em que foi usada argamassa de cimento Portland para reabilitar tubulações deterioradas e tuberculadas, por meio de máquinas, aplicando a argamassa como revestimento do tubo no local, tem-se provado como material excelente para aumentar a vida útil do cano. Em alguns casos porém, foi verificado que a deteriorização da parede do tubo em certas áreas tinha progredido até o ponto onde ela já não tinha a força para suportar com segurança a pressão de operação ou cargas externas. Foi necessário substituir a área enfraquecida com um novo trecho de tubo ou instalar malha reforçada ou gaiola pré-fabricada.

Na procura de um método mais prático e econômico para reforçar estas áreas do tubo, foi desenvolvido um método para aplicação contínua de arame em espiral na circunferência interna do tubo e formando parte integral do revestimento com argamassa de cimento. Foram dedicados muitos anos no projeto, desenvolvimento e «test» de máquina colocadora de arame para confirmar sua «performance» antes de ser lançada no mercado.

Revestimento de argamassa de cimento reforçado com arame tem sido aplicado com sucesso em milhares de pés de tubo com diâmetros de 24 a 60 polegadas. Também tem sido bem sucedido em tubulações de aço, ferro fundido e concreto. Algumas das aplicações menos comuns, porém bem sucedidas tem sido no conserto de linhas de esgotos deterioradas de tijolos e adutoras de estradas.

A máquina para colocação de arame de refôrço pode ser ajustada para espaços de 3/4 a 3 polegadas entre varas e para varas ou arame de 3/16 a 5/16 polegadas. Este espaçamento de varas e tamanho de varas ou arame se baseia nas necessidades da obra.

Aberturas de acesso na tubulação são necessárias com intervalos de 500 a 1000 pés, dependendo do perfil da linha e localização de válvulas, laterais ou outras condições especiais.

O arame de refôrço de aço é fornecido na obra em róis de aproximadamente 600 libras, e colocada num carretel na abertura de acesso. O carretel alimenta o arame através do tubo para a máquina aplicadora com uma velocidade de aproximadamente 100 pés lineares de arame por minuto. Este valor de curso pelo tubo depende do espaçamento do arame e do diâmetro do tubo.

O arame ou vara de maior sucesso e econômico, utilizado para este fim até hoje, tem sido um grau ASTM-A15 intermediário HR para armar concreto para um rendimento mínimo de 40.000 p.s.i. (libras/pol./quadrada) e uma força de tensão de 70.000-90.000 p.s.i.. O arame de refôrço é protegido da corrosão devido ao fato de estar embutido no centro aproximado do revestimento de argamassa de cimento, que tem espessura nominal de uma polegada.

O processo e a máquina para aplicar o arame de refôrço estão coberto pelas patentes U.S.A

n.º 2.917.820 e 2.996.085, designados a Pipe Linings, Inc., além de outras patentes pendentes.

«BY-PASS» ESCAVAÇÃO E FECHAMENTO

Geralmente, adutoras de água para uso doméstico não permitem serem retiradas de serviço por um período longo para recondição. Quando o serviço de abastecimento não pode ser interrompido, coloca-se uma adutora temporária ou uma linha «by-pass» desviando a água por esta linha. As ligações de serviço aos consumidores são feitas nesta linha. Estes sistemas temporários implicam muitas vezes no uso de reguladores, válvulas para ar e em alguns casos, bombas auxiliares.

A medida do tubo «by-pass» depende principalmente no tipo do sistema a ser substituído. O sistema de linha singela sem saída irá necessitar um tubo «by-pass» suficientemente grande para alimentar todos os consumidores desde o ponto onde foi interrompida a adutora até o fim da linha; porém no caso do sistema «loop», água pode fluir em ambos os sentidos sendo necessários instalar tubo «by-pass» com apenas o tamanho suficiente para alimentar os consumidores temporariamente ligados ao «by-pass». Isto também vigora para sistemas de linhas paralelas e outros sistemas.

A quantidade de escavações necessárias para um serviço de revestimento depende do comprimento de cada operação de revestimento, e isto por sua vez depende do tamanho do tubo, seu estado e o número de obstruções como curvas, tês ou válvulas. Não é possível determinar o número de aberturas necessárias num projeto, devido aos obstáculos imprevisíveis. Relatórios de construções indicam que a média de porcentagem de escavações imprevistas corresponde a três por cento do total das escavações.

A maioria das cidades possuem especificações preparadas para controlar escavações, fechamento e pavimentação. Quando feitas em ruas pavimentadas com concreto, as escavações requerem às vezes o uso de serras para concreto para manter as bordas retas das aberturas e evitando rachar o pavimento não atingido.

Fechamento nas ruas geralmente requer compactação de alguma forma e pode necessitar de material especial para enchimento. Pode ser necessário pavimentação provisória para permi-

tir assentar o enchimento ou material usado antes de colocar o pavimento permanente.

Pode influir consideravelmente no custo da operação de revestimento, as características do terreno. Topografia acidentada geralmente requer mais tempo por pé trabalhado do que terra plana. Terreno pantanoso pode criar problemas tanto no transporte até o canteiro de obras como na escavação do buraco de acesso. Escavações em terreno rochoso torna-se caro e em alguns casos, onde a adutora tem sido instalada dentro de terreno rochoso e na qual não foi tomado o devido cuidado no assentamento e fechamento, as pedras têm afundado o tubo, tornando muito difícil o revestimento. Linhas com vazamento e que foram colocadas onde o lençol de água sobe acima do ponto de vazamento, são difíceis de revestir devido a que a água torna a entrar no tubo levando consigo a argamassa antes que ela tivesse tempo de assentar e fechar o vazamento.

SEÇÃO III

OPERAÇÕES DE CAMPO

LIMPEZA DO TUBO — PREPARATIVOS PARA O REVESTIMENTO

Naturalmente, cada obra difere. Algumas utilizam um «by-pass» durante as operações de revestimento, para as ligações aos consumidores, exigindo aumento de pessoal, lavagem do tubo, clorização, mudanças de ramais, e diversas outras tarefas e mão de obra mais custosa. As escavações são feitas por meio de enxadas, e o tubo cortado por maçarico, serra ou cortadora de rodas. Uma vez obtido o acesso ao tubo e drenada a água do tubo, passa-se pelo tubo, uma vara de esgoto ou carrinho de bateria, dependendo do tamanho do tubo. Puxa-se um cabo e uma ferramenta de limpeza pelo tubo para cortar e desencrostar a ferrugem, tuberculação e outros resíduos. Frequentemente é necessário raspar o tubo muitas vezes para desprender o material estranho. Após a raspagem, puxa-se pelo tubo um rôdo de borracha para retirar todo o material solto antes de revestir.

Tubo de grande diâmetro é limpo frequentemente por meio de métodos hidráulicos. Corta-se um furo de acesso e instala-se a ferramenta de limpeza. Esta ferramenta se asseme-

lha ao tipo arraste, a não ser que as guarnições estão ajustadas para evitar excessivo desvio de água. Colocam-se tremonhas atrás das pás, dos raspadores, de modo que a pressão d'água aplicada atrás da ferramenta obrigará a esta avançar, sendo que parte d'água passará através das pás do raspador, lavando e transferindo o resíduo retirado adiante da ferramenta. O volume de água de descarga controla a velocidade da ferramenta de limpeza. Este método de limpeza, quando resultar prático deixa o tubo mais limpo que qualquer outro sistema.

Outra limpeza de diâmetros grandes é feita com limpador mecânico. Este gira um cabeçote grande equipado com raspadores, cortadores, escôvas etc., que desencrosta resíduos e tuberculações do tubo. Este método faz uma ótima limpeza, porém aumenta a mão de obra necessária para retirar os detritos do tubo.

REVESTIMENTO DO TUBO — DIÂMETRO PEQUENO

No caso de tubo de pequeno diâmetro, usa-se ar através dos ramais para retirar os detritos acumulados ali pelo serviço de limpeza, forçando-os a retornar à adutora. Junta-se agora, um cabeçote aos ródos de borracha e ao cabo. Uma mangueira de ar ou cabo elétrico, mangueira de argamassa e cabo de revestimento são ligados ao cabeçote a ser puxado. Prende-se com arame a mangueira de ar com a mangueira de argamassa em intervalos de 25 a 50 pés à medida que são recolhidas as mangueiras. A mangueira de argamassa prende-se ao cabo cada 50 pés. A folga que deve ter o cabo é determinada pelo encolhimento e alongamento das mangueiras individuais de argamassa. Geralmente estas mangueiras são adquiridas e usadas como jogos e assim, tôdas as mangueiras num jôgo devem reagir da mesma forma quando sob pressão.

O comprimento dos trechos de revestimento de tubo de pequeno diâmetro varia de 300 a 500 pés, dependendo do tamanho e alinhamento do tubo. Trechos maiores podem ser feitos com sucesso, porém, em trechos de revestimento maiores do que 500 pés aumentam as possibilidades de mau funcionamento. Durante a operação de entrada de materiais, deve-se proceder a verificação de alinhamento, combustível, lubrificação, ajustes, etc., da máquina de revestimento e acabamento, gerador, compressor, betoneira, guincho, etc.

Na entrada da última e penúltima mangueira, deve-se movimentar a betoneira, e começar o bombeamento logo que entram as mangueiras, porém, primeiramente, antes de iniciar o bombeamento a bomba deverá receber pelo menos um balde de pasta de cimento aguada. Isto lubrifica a mangueira e recolhe quaisquer partículas de areia que ficam na mangueira. A partida das máquinas de revestimento de pequeno diâmetro operadas por ar, tamanhos número um até três, é feito de preferência ligando a máquina revestidora à mangueira de argamassa bombeando pasta aguada através da máquina revestidora. Isto tende a lubrificar curvas nos tubos de alimentação da máquina de revestimento e ajuda a evitar o entupimento da mesma máquina. Deve-se bombear argamassa através da máquina de revestimento até eliminar toda pasta aguada e argamassa molhada e dispôr de material de revestimento adequado.

As superfícies das pás de arraste devem ser molhadas e devem bater ligeiramente, porém firmemente na superfície do revestimento para obter um acabamento liso no início do revestimento. Se a máquina estiver no «crossover», a espessura do revestimento pode ser verificada antes de entrar no tubo, e a velocidade do guincho aumentada ou reduzida conforme a necessidade para obter a espessura de revestimento.

Quando completar o trecho de revestimento, deve-se parar uma bomba de argamassa permitindo ao cabeçote jogar fora todo revestimento. Imediatamente deve-se limpar a máquina de revestimento e as pás de acabamento, lavar as mangueiras de argamassa, limpar e aprontar o furgão para a próxima corrida. Durante o processo de limpeza, a «Holeman» acaba o revestimento nas ponta do tubo e a seguir cobre com plástico as extremidades do tubo para contribuir ao «fortalecimento» (cura) do revestimento, segurando humidade no tubo, evitando trincas devido ao encolhimento que ocorre com «cura» muito rápida.

REVESTIMENTO DO TUBO — DIÂMETRO GRANDE

Após a limpeza de tubos de diâmetro grande, por meio de um dos métodos acima citados, o revestimento é feito por método um tanto diferente. O equipamento para revestimento, isto é, a parte usada no interior do tubo, é monta-

do, ajustado e pôsto em movimento antes de colocar dentro do tubo. Durante êste «check» de revestimento, todo revestimento auxiliar, incluindo equipamento dentro do furgão, equipamento portátil, e material rodante usado durante e para o processo de revestimento deve ser verificado. Em outras palavras, quando a máquina de revestimento e o operador passam para o interior do tubo para iniciar o processo de revestimento, todo equipamento de apóio, pessoal e material devem estar prontos para revestir o tubo.

Se o tubo for de diâmetro grande o operador da máquina de revestimento pode fazer os ajustes finais das pás. Porém, se o tubo for de diâmetro pequeno demais para permitir ao operador alcançar as pás, torna-se necessário que o segundo operador entre pela extremidade oposta para ajustar as pás e verificar a espessura do revestimento.

Revestimento avariado durante o ajuste das pás pode ser restaurado; assim todo esforço deve ser feito para obter uma superfície excelente de acabamento, mesmo avariando partes do revestimento para conseguir um ajuste correto.

Vários fatores afetam a velocidade de revestimento; espessura de revestimento exigida, distância do ponto de alimentação de argamassa à máquina de revestimento, velocidade e capacidade do equipamento de descarga de argamassa, e rendimento de argamassa da máquina de revestimento (observe-se que máquinas de revestimento de certos tamanhos às vezes são aparelhadas de forma diferentes para as condições da obra).

Durante o período de revestimento, deixam-se espaços alternados no revestimento para evitar a perda total de uma «corrida» no caso de queda. Às vezes consegue-se isto fazendo um corte na parte superior do revestimento por meio de uma lâmina cortadora presa ao braço de uma pá. Porém, o corte ou espaço deve ser restaurado pelo acabador enquanto percorre o tubo reparando defeitos na superfície do revestimento.

O equipamento de descarga de argamassa é retirado do tubo e a máquina de revestimento é alimentada manualmente até o fim mesmo do tubo, no fim da corrida de revestimento; a máquina de revestimento acaba na chapa trans-

versal ou na metade inferior da carcassa do tubo, conforme o caso. A máquina de revestimento é retirada da abertura de acesso e limpada juntamente com os demais equipamentos e preparada para a próxima «corrida».

O serviço de consertos e acabamento geral do revestimento é normalmente feito pelo acabador vinte e quatro horas após o revestimento.

RECOLOCAÇÃO DE «NIPLES» FECHAMENTO (BACKFILL) E PAVIMENTAÇÃO

Após concluído o revestimento e o acabamento, o fechamento tanto dos tubos de diâmetro grande como de diâmetro pequeno se processa da mesma maneira; sendo a maior diferença somente o tamanho. Tubo de ferro fundido fecha-se com luvas calafetadas com chumbo ou acoplamentos mecânicos, enquanto tubo de aço fecha-se soldando cobre-juntas de aço ou acoplamentos mecânicos. Diâmetros grandes de aço, que foram abertos com meia tampa ou pontos de alimentação, são fechados com alças longitudinais além de lâminas de contorno circunferencial e circular para fechamento de pontos de alimentação.

Após fechamento e «pressurização» do tubo, indicando que tôdas as soldas, acoplamentos e luvas não apresentam vazamento o tubo acha-se pronto para o reenchimento (Backfilling).

Algumas emprêsas ou repartições de águas exigem um revestimento para cada «niple» e peça de fechamento. Isto varia de esmalte de alcatrão de hulha, asfalto, epoxies, papel asfáltico, graxas não oxidantes e muitos outros materiais.

Após o revestimento, a escavação é reenchida (Backfilled) com a terra retirada ou material selecionado e, se justificada, efetuada a pavimentação temporária. Algumas cidades executam a pavimentação permanente; outras exigem que a empreiteira revestidora faça a pavimentação permanente.

LAVAGEM E CLORINAGEM

Após a cloração e passagem d'água e durante o período de reenchimento (Backfilling), os serviços ou ramais são reconectados ao adutor principal de água, e isolado o tubo «bypass», desengatando e retirando-o.