



Montagem de estrutura metálica da Oficina de Mastros e Periscópios.

CONTROLE DE QUALIDADE EM ESTRUTURAS METÁLICAS

O USO DA ESTRUTURA METÁLICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL É AMPLAMENTE CONHECIDO POR SUAS VANTAGENS, COMO MAIOR VELOCIDADE DE EXECUÇÃO, ESTRUTURAS MAIS LEVES E ESBELTAS, PROJETOS ESTRUTURAIS COM MAIORES VÃOS, ALÉM DE MAIOR FLEXIBILIDADE.



monitoramento da fabricação dos perfis metálicos, a análise de certificados de qualidade de produção e de montagem, e a verificação da qualidade dos tratamentos anticorrosivo e de resistência ao fogo.

FABRICAÇÃO

Nesta etapa, as principais verificações de qualidade são a exigência de certificados de matéria-prima e inspeção visual. Os certificados atestam qual foi o tipo de aço utilizado na fabricação das peças, que deve ser o mesmo especificado em projeto, enquanto que a inspeção visual consiste em verificar se os perfis entregues na obra possuem a seção especificada, e ainda se as peças não apresentam danos aparentes, como empenos ou deformações. Eventualmente, podem ser conferidos detalhes mais específicos, como furações ou dimensão das peças, a fim de se antecipar a possíveis contratempos na montagem.

Para alguns tipos específicos de estrutura, como torres de linhas de transmissão, por exemplo, o projeto pode especificar, ainda, uma etapa de pré-montagem na fábrica, de forma a identificar eventuais incompatibilidades de furação. Todos os ajustes, posicionamentos e coincidências de furações deverão ser obtidos nesta etapa, pois não são admitidas na montagem definitiva no campo quaisquer correções que danifiquem a galvanização das peças, por exemplo com o uso de maçaricos, alargamentos de furos etc.

Entretanto, para que se assegure que os diversos benefícios proporcionados por esse método construtivo sejam devidamente aplicados, faz-se necessário um adequado controle de qualidade, de forma a garantir a conformidade entre as soluções projetadas e os trabalhos efetivamente executados.

O presente artigo tem por objetivo apresentar as principais atividades de controle de qualidade na fabricação e montagem de estruturas metálicas, apresentando as ações desenvolvidas nas obras do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), entre as quais se destacam o

Fabricação de perfis metálicos.





Aplicação de pintura de fábrica.

PROTEÇÃO ANTICORROSIVA E INTUMESCENTE

Com o objetivo de garantir a durabilidade esperada das estruturas metálicas e protegê-las dos efeitos da corrosão e dos danos causados pelo fogo em situações de incêndio, podem ser propostos diferentes tipos de sistemas de proteção.

No caso da proteção anticorrosiva, os dois sistemas mais usuais são a pintura e a galvanização. O sistema de pintura, normalmente, é composto por três tintas: a de fundo (primer), com a função de promover a aderência do sistema ao substrato e atuar como inibidora da corrosão; a intermediária, que fornece espessura ao sistema (proteção por barreira); e a de acabamento, com a função de proteção e acabamento (cor e brilho). Por outro lado, a galvanização consiste na imersão das peças de aço em uma cuba de zinco, fundido a 450° C. Quando as peças são retiradas do banho, o zinco se solidifica e se transforma em uma camada protetora, retardando o efeito da corrosão. A espessura da camada é definida previamente em projeto e influi diretamente na vida útil da peça.

Para a proteção contra situações de incêndio, na etapa de projeto, é feita uma verificação

da necessidade de tratamento específico de acordo com o tipo e uso da edificação, de modo a garantir um tempo mínimo de resistência estrutural previsto em norma. Os dois tipos de soluções empregados nas obras do PROSUB são a pintura intumescente e a argamassa projetada. O sistema de pintura intumescente é semelhante ao anticorrosivo, com a diferença que a tinta intermediária é substituída por outra, com propriedades de proteção contra o fogo. Possui como vantagens um melhor acabamento final e maior resistência mecânica e à umidade, sendo o mais indicado para os perfis que fazem parte da arquitetura, evidenciando o aço aparente, ou para situações de exposição à umidade (chuva) e a leves impactos mecânicos. Por outro lado, a argamassa projetada consiste na mistura de um produto em pó com água, formando uma argamassa com propriedades intumescentes, que adere no aço por projeção mecânica. Sua grande vantagem é o custo reduzido, se comparado com a pintura intumescente, e é normalmente empregada em perfis ocultos por forros ou nos que não possuem importância arquitetônica.

Cada um dos tipos de sistema de proteção



Medidor de espessura.

citados possui requisitos de qualidade e ensaios específicos que são descritos detalhadamente nos itens a seguir.

Pintura

Tanto para sistemas anticorrosivos como intumescentes, o controle de qualidade consiste em inspeção na fábrica, conferência de certificados e inspeção na obra.

Durante a inspeção na fábrica, é verificado o procedimento de execução da empresa fabricante, observando se o preparo da superfície das peças está adequado (limpas, secas e isentas de contaminantes) e se as tintas que estão sendo aplicadas são as mesmas especificadas em projeto. É feita, ainda, uma verificação por amostragem da espessura seca das tintas aplicadas, com o auxílio de um medidor de espessura.

Posteriormente, são exigidos os certificados para cada peça fabricada, com as informações de espessura das camadas de tintas aplicadas, e conferido se estão de acordo com as especificações técnicas.

Nos momentos de chegada das peças na

obra e ainda no recebimento final da edificação, são feitas inspeções visuais do acabamento da pintura, observando se estão uniformes, sem danos mecânicos, bolhas ou demais imperfeições. A ocorrência de danos pontuais é comum devido ao transporte e à montagem das peças ou mesmo durante a obra, enquanto que as bolhas são decorrentes de alguma falha na aplicação, como, por exemplo, o preparo inadequado da superfície ou a temperatura de aplicação elevada. As não conformidades observadas são relatadas e devem ser corrigidas pontualmente, através de procedimento de reparo, que se inicia com a remoção de todo o revestimento que esteja solto ou com fraca aderência, até que se encontre resistência ao arrancamento. Em seguida, as bordas da região delimitada são chanfradas, desbastando-se com o uso de lixadeira rotativa de lixa nº 50. Verifica-se se a superfície está limpa e seca e, então, inicia-se o reparo, com a aplicação do esquema de pintura de projeto, sempre respeitando o tempo de cura entre camadas/demãos. No intervalo entre as camadas, pode ser usado, ainda, o medidor de espessura, para verificar se a camada de reparo apresenta espessura conforme a especificada.

Galvanização

A etapa do controle de qualidade do serviço de galvanização consiste na exigência dos ensaios previstos nas especificações técnicas, além de inspeção visual na obra.

O principal certificado de ensaio exigido é o da espessura da camada, que tem por objetivo verificar se a peça ensaiada possui a espessura mínima de zinco especificada em projeto. Esse ensaio é realizado por amostragem e pode ser feito pelo método não destrutivo, que consiste na utilização de instrumentos eletromagnéticos para a medição da camada de zinco.

A inspeção visual é realizada quando do recebimento das peças na obra. Conforme recomendado pela norma técnica NBR 6323 - Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), essa avaliação, normalmente, é pautada por critérios de durabilidade, a menos que as questões estéticas sejam de grande importância, o que deve ser acordado previamente. É natural que os materiais revestidos pelo processo de galvanização por imersão a quente

apresentem variações em seu aspecto superficial e imperfeições estéticas, como variações de brilho, rugosidade ou corrosão branca (desde que não comprometa a espessura do revestimento), não configurando motivo de rejeição. Entretanto, variações que possam afetar a durabilidade das peças, como perda de espessura, excesso de pontos nus ou grumos não são aceitos.

Em caso de pequenos danos nas peças, que eventualmente possam ocorrer em decorrência do transporte e montagem da estrutura, são admitidos reparos quando o somatório das áreas a serem retocadas não ultrapassar 0,5 % da área total da peça galvanizada, sendo que cada área, individualmente, não pode ultrapassar 10 cm². Caso ultrapasse esses limites, a peça deve ser novamente galvanizada. O serviço de retoque pode ser realizado por metalização (asperção térmica) ou através da aplicação de tintas ricas em zinco (galvanização a frio), sendo este último o utilizado na obra do PROSUB, por ser de mais simples aplicação.



Estrutura galvanizada.

Argamassa projetada

O serviço de argamassa projetada somente pode ser iniciado após a conclusão da montagem da estrutura metálica e cobertura, pelo fato de não possuir resistência contra umidade. Durante o preparo da argamassa, é conferido se o traço utilizado está de acordo com as instruções do fabricante. Alguns fabricantes podem recomendar a inclusão de produto específico a base de cola PVA na mistura, para aumento da aderência da argamassa nas estruturas metálicas pintadas com primer anticorrosivo. No caso de elementos de grandes dimensões, para melhor aderência, também é especificada uma tela de ancoragem instalada nas peças.

Após a conclusão do serviço de projeção, são realizados dois tipos de ensaios para controle de qualidade. O primeiro consiste em verificar se a espessura aplicada da argamassa está conforme o projeto. Para isso, é utilizado um medidor, específico para a verificação das espessuras em diversos pontos do perfil. O segundo tipo de ensaio é o de arrancamento e é realizado por amostragem; consiste na colagem de um dispositivo de tamanho padronizado e aplicação de uma força de arrancamento, para a avaliação da aderência da argamassa na estrutura.

NA OCASIÃO DO RECEBIMENTO DA EDIFICAÇÃO, É REALIZADA, AINDA, UMA NOVA INSPEÇÃO NAS ESTRUTURAS, PARA A SOLICITAÇÃO DE EVENTUAIS REPAROS DE DANOS QUE POSSAM TER OCORRIDO NO DECORRER DA OBRA.



Aplicação de argamassa projetada.



Ensaio de medição de espessura da argamassa projetada.



Preparo do ensaio na argamassa projetada.



Encaixe de pilar nos chumbadores.



Estoque de peças metálicas.



Aplicação de torque na ligação parafusada.

MONTAGEM

Atividades preliminares

O alinhamento, nivelamento e locação dos chumbadores engastados nos blocos de fundação que receberão os pilares metálicos são conferidos por meio de topografia. Eventuais desvios devem estar dentro dos limites de tolerância, de modo a não impedir o adequado encaixe das peças durante a montagem. Essa verificação deve ser realizada logo após a concretagem dos blocos de fundação, para que haja tempo hábil de correção de eventuais discrepâncias, sem impacto no cronograma da obra.

Durante o recebimento e a estocagem das peças, é verificado se as mesmas estão sendo acondicionadas de modo adequado, protegidas e afastadas do solo, a fim de prevenir qualquer tipo de deterioração.

Por fim, para a autorização do início da montagem, todos os requisitos relativos à segurança do trabalho devem ter sido observados, em especial quanto ao trabalho em altura e içamento das peças.

Ligações parafusadas

As ligações parafusadas usualmente podem ser executadas com aperto normal, ou seja, aquele que pode ser obtido pelo esforço máximo de um operário usando uma chave normal. Entretanto, quando especificado em projeto ou nos casos que se enquadram nos itens 6.1.11.1 e 6.3.1 da norma NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, da ABNT, como conexões sujeitas a esforços dinâmicos, faz-se necessário um controle da força de aperto aplicada aos parafusos, de modo que se obtenha a força de protensão inicial necessária. Os métodos de aperto previstos em norma são o de rotação da porca, chave calibrada ou chave manual com torquímetro, sendo este último o utilizado na obra do PROSUB.

O torquímetro é um dispositivo em forma de alavanca, com um porta soquetes, onde se pode encaixar várias medidas de soquetes e que permite medir a força de torque aplicada. Ao se aplicar a força necessária na alavanca, o

dispositivo emite um aviso sonoro ao operador, permitindo, então, aplicar o aperto máximo, sem risco de danificar o material.

Para o início da etapa de controle de qualidade, a equipe de fiscalização deve, primeiramente, receber o certificado de calibração do torquímetro que será utilizado. Em seguida, o dispositivo é regulado para o torque especificado e o aperto nos parafusos é conferido por amostragem. Caso o resultado observado seja insatisfatório, com movimentação das porcas durante a aplicação do torque, a amostragem é ampliada, podendo chegar a 100%.

Ligações soldadas

A soldagem é um processo de união de duas ou mais peças, por meio do calor ou pressão, assegurando na junta soldada a continuidade do material e, conseqüentemente, suas propriedades físicas e químicas, bem como os esforços a que ela está sujeita. O tipo de solda mais utilizado é o de arco elétrico, produzido por uma descarga elétrica entre os dois polos, mantida por um gás condutor em alta temperatura para a fusão dos materiais.

As ligações soldadas são menos utilizadas nas obras do PROSUB, limitando-se, normalmente, à emenda de estacas de perfis metálicos.

O controle de qualidade nas ligações soldadas consiste na exigência de certificados e ensaios, conforme tabela 1.



Execução de solda.

Qualificação dos soldadores	O trabalho de solda só pode ser realizado por pessoal comprovadamente habilitado em curso específico
Inspeção visual	Todas as soldas são inspecionadas visualmente por um inspetor qualificado, que emite um certificado de conformidade
Ensaio de líquido penetrante	São exigidos em amostragem mínima de 30%, em soldas de filete executadas em campo, e 20%, para oficinas
Ensaio de ultrassom	São exigidos em 100% das soldas do tipo penetração total

Tabela 1 – Requisitos de qualidade em ligações soldadas.

Controle topográfico e grauteamento

Após a conclusão do serviço de montagem da estrutura metálica, é emitido um relatório topográfico, com o eventual desvio de prumo da estrutura, que deve ser inferior ao limite de tolerância previsto em norma. Com a confirmação de que a estrutura está devidamente aprumada (dentro da tolerância) e com as ligações concluídas (torqueamento dos parafusos), procede-se, então, ao grauteamento das bases dos pilares, de forma a concluir o serviço de montagem.



Bases de pilares grauteadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do caráter mais industrializado da construção metálica, em oposição às estruturas mais convencionais de concreto armado, verifica-se que, desde a etapa do projeto até a fase final da montagem, existem diversos cuidados que devem ser observados para evitar erros construtivos. Dessa forma, buscou-se detalhar as particularidades de cada etapa do serviço de estruturas metálicas, descrevendo as principais medidas de controle de qualidade realizadas nas obras do PROSUB, com o intuito de prevenir patologias e garantir a durabilidade prevista no projeto para as estruturas metálicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT NBR 6323: Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação. Rio de Janeiro, 2016.
2. ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
3. Claro, C. T. Metodologia de Fiscalização de Obras: Plano de Conformidade de Estruturas Metálicas. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.
4. Sacchi, C. C. Avaliação de desempenho estrutural e manifestações patológicas em estruturas metálicas. Dissertação de mestrado, UFSCar, São Carlos, 2016.

Autor

IT (EN) Rodrigo da Silva Corbage

Engenheiro de Fortificação e Construção formado pelo Instituto Militar de Engenharia (IME).