Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Estruturas de Aço

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se aos trabalhos do controlo de qualidade relativo a obras de estruturas de aço como o próprio material de aço, ligações soldadas, ligações aparafusadas, instalação, pintura, etc. De acordo com os perfis de aço, camada de protecção da superfície/camada de protecção e sua execução/instalação, pode resumir-se os seguintes:

Perfis de aço

- ✓ Perfis moldados (universal tipo I – UB, universal tipo H – UC, tipo I, e pilarete universal tipo H– UBP, etc.), perfis ocas (perfis circulares ocas – CHS, perfis quadrangulares ocas – SHS, e perfis rectangulares ocas – RHS), canais, "cotovelos", perfil moldado em T e placas, etc;
- ✓ Parafusos, parafusos de cabeça, anilhas e porcas gerais e de alta resistência

Camada de Protecção da Superfície / Camada de Protecção

- ✓ Galvanizado a quente;
- ✓ Pintura de revestimento;
- ✓ Outro material de protecção contra corrosão.

Método da Construcão/Instalação

- ✓ Ligações soldadas;
- ✓ Ligações aparafusadas.

Todos os itens anteriores devem estar de acordo com os requisitos fundamentais do projecto, especificações relativas e regulamentos

2. Requisitos dos Documentos de Garantia de Qualidade de Projecto de Engenharia

Antes do processo de instalação dos elementos de estrutuas de aço, decorrendo a etapa de instalação e a aceitação, os documentos abaixo referidos devem ser submetidos para aprovação ou registo:

Antes da instalação dos elementos de estruturas de aço

- ✓ Sumário detalhado dos tipos, dimensão, peso, quantidade relativo a todos os materiais de aço, parafusos, porcas, parafusos de cabeça e anilhas.
- ✓ Certidão de produção de materiais (material de aço, parafusos e material de soldadura, etc), incluindo a origem do material, dimensão, peso, propriedades mecânicas e análise química, etc.
- ✓ Antes do processo de execução das obras de estruturas de aço, deve ser submetido desenhos de construção e instalação. Os desenhos de construção devem descrever, detalhadamente, os requisitos relativos a classe do material, tipo, dimensão, área de pintura para revestimento, quantidade dos parafusos, detalhes e sequências de soldadura e método de alívio de tensão para as juntas soldadas. Os desenhos de instalação devem descrever detalhes de ligação, tipo e dimensão dos parafusos e detalhes de soldadura no local. Estes devem ainda adicionar marcas

de referência nos desenhos no fim de facilitar a realização do ensaio de recepção.

- ✓ Detalhes de fabricação e procedimento de instalação e relativo método de construção;
- ✓ Certificados de qualificação dos soldadores e trabalhores de instalação;
- ✓ Conexão com numerosos parafusos, deve ser submetido detalhada de construção e instalação. Incluindo o tipo de instrumentos de instalação, sequência do trabalho, tipo de fixação, inspeção que impedem os danos dos parafusos por excessiva da força.
- ✓ Antes de qualquer trabalho de soldadura, deve ser submetido para cada tipo de ligação (Registos de Qualificação de Procedimento PQR & Especificações de Soldadura WPS) e o procedimento de soldadura devidamente aprovado pela entidade qualificada, onde deve incluir as seguintes informações:
  - Classe, dimensão nomial (espessura e diâmetro, etc) da matéria prima de soldadura;
  - Preparação e tratamento da superfície de soldadura (antes da execução de soldadura);
  - Método de soldadura;
  - Tipo de soldadura (incluindo tratamento da zona de fusão para a soldadura de topo);
  - Número de camadas de soldadura;
  - Fornecedor do eléctrodo, dimensão e tipo;
  - Corrente eléctrica e voltagem de soldadura;
  - Comprimento de soldadura para cada eléctrodo;
  - Posição de soldadura;
  - Pré-aquecimento;
  - Outras informações relativas.
- ✓ No caso dos trabalhos finais relativo aos elementos estruturais principais desenvolvidos no estrangeiro ou na China interior, deve ser submetido as seguintes informações:
  - Catálogo da fábrica para trabalhos finais;
  - Informações do sistema do controlo de produção do fornecedor, incluindo:
    - ➢ Manual do controlo de qualidade e doscumentos relativos;
    - ➢ Registo de inspecção interna do fornecedor, incluindo os registos de inspecção do material dos últimos 6 meses, registos de inspecção da qualidade dos elementos estruturais, registos de inspecção da soldadura, registo de ensaio não-destrutivo, registos de inspecção da qualidade de ligações aparafusadas e registo de pré-avaliação da qualidade dos produtos, etc;
    - ➢ Equipamentos de ensaio do departamento de ensaio do fornecedor, qualificações dos trabalhadores, relativos procedimentos de ensaio e registos de calibração dos equipamentos.
  - Desenhos de construção e instruções dos elementos estruturais desenvolvidos na fábrica para trabalhos finais;
  - Transporte e procedimento e método de protecção dos elementos estruturais;
  - Certificados de qualificação válidos e reconhecidos dos soldadores;
  - Desenhos de procedimento de soldadura relativo devidamente reconhecido
  - Informações da entidade estrangeira ou China interior para actividades de inspecção e ensaio. [(Nota: No caso da realização do ensaio na China interior, a entidade deve ser acreditado pelo CNAS da China).]
- ✓ Estruturas de aços relativos a camada de proteção da superfície / camada de proteção (galvanização por imersão a quente, projeção de zinco e pinturas), os trabalhos desenvolvido no estrangeiro ou na China interior, deve ser submetido as seguintes informações:
  - Catálogo da fábrica para trabalhos finais;

- Informações do sistema do controlo de produção do fornecedor, incluindo:
  - Manual do controlo de qualidade e doscumentos relativos;
  - Certidão de produção de materiais de zinc (aplicável apenas para galvanização por imersão a quente, projeção de zinco);
  - Catálogo de materiais de pintura (aplicável apenas para pinturas);
  - Sistema de controle de umidade e temperatura (registos de calibração);
  - Registo de inspecção interna do fornecedor;
  - Equipamentos de ensaio do departamento de ensaio do fornecedor, qualificações dos trabalhadores, relativos procedimentos de ensaio e registos de calibração dos equipamentos.
- Transporte e procedimento e método de protecção dos elementos estruturais;
- Informações da entidade estrangeira ou China interior para actividades de inspecção e ensaio. [(Nota: No caso da realização do ensaio na China interior, a entidade deve ser acreditado pelo CNAS da China).]

✓ Plano de amostragem e inspecção a ligações soldadas e aparafusadas e protecção contra corrosão, incluindo as informações da 3ª entidade acreditada para inspecção e ensaio no local da obra.

✓ Se estiver envolvido um projeto de estrutura de aço em grande escala, deve ser apresentada a cerificação de uma unidade profissional de controle de qualidade de construção localizada em uma plante de processamento de aço.

Na chegada dos elementos estruturais na obra, no decorrer e após da instalação

✓ Registos e relatórios de ensaio ao material (material de aço, parafusos e material de soldadura, etc).

✓ Antes da chegada dos elementos estruturais da fábrica para trabalhos finais proveniente do estrangeiro ou China interior ao local da obra, deve ser submetido registos da inspecção interna do fornecedor, e relatórios de inspecção e ensaio da entidade certificada.

✓ Na chega dos elementos estruturais provenientes do estrangeiro ou China interior ao local da obra, deve ser submetido cópia de guia de remessa, incluindo as informações de referência e quantidade dos elementos;

✓ Registos de instalação/execução no local da obra;

✓ Relatórios de ensaio da instalação e recepção no local da obra (incluindo inspecção visual de soldadura, ensaio não-destrutivo de soldadura, relatórios do aperto de parafusos, relatórios do ensaio à tracção dos parafusos e relatórios dos ensaios do revestimento da protecção contra corrosão).

✓ Se estiver envolvido um projeto de estrutura de aço em grande escala, deve ser apresentada a cerificação de uma organização terceirizada independente (unidade de controle de qualidade), para monitoramento e verificação no local, incluindo entre outos revisão de arquivos, inspeção e ensaio de material, inspeção de locais de pré-fabricação/processamento e plantas de galvanização/plantas de pintura, conexão de soldagem, conexão aparafusada, tratamento de superfície de estrutura de aço, instalação de revestimento antiferrugem, fabricação e montagem de estrutura de aço.

3. Inspecção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspecção das obras de estruturas de aço representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspecção das Obras de Estruturas de Aço

Itens para Inspecção / Objectivos		Controlo de Material	Controlo de Execução	Frequência da Inspecção	Norma a Cumprir	Nota
Referência do Forno e Classe do Material		✔		100% Inspecção	a, c	
Qualidade Visual		✔		100% Inspecção	a, c	
Dimensão		✔		100% Inspecção	a, c	
Armazenagem e Transporte		✔		100% Inspecção	a, c	
Inspecção Interna de Fábrica para Trabalhos Finais			✔	Antes da Construção	a, b, c	
Inspecção da Fábrica de Galvanização a Quente			✔	Antes da Construção	a, b, c	
Equipamento de Inspecção			✔	Antes da Construção	a, c	
Qualidade de Instalação			✔	100% Inspecção	a, c	
Qualidade de Ligações Soldadas	Idenficação do Soldador		✔	100% Inspecção	a	
	Qualificação do Soldador		✔	100% Inspecção	a, b	
	Material do Eléctrodo		✔	100% Inspecção	a, b, c	
	Condições Ambientais para Soldadura		✔	Antes da Construção	a, b	
	Avaliação do Procedimento e Qualidadede de Soldadura		✔	Antes da Construção	a, b	
	Qualidade Visual da Soldadura		✔	100% Inspecção	a, b	
	Ensaio de dobrar de cisalhamento stud		✔	5%	a, d	
Qualidade de Ligações Aparafusadas	Qualidade Visual do Furo de Parafuso		✔	100% Inspecção	a, b, c	
	Qualidade Visual da Ligação Aparafusada		✔	100% Inspecção	a, b	
	Qualidade do Aperto de Parafuso		✔	100% Inspecção	a, b, c	
Condições Ambientais para Pintura			✔	Antes da Construção	a, b	
Qualidade Visual da Pintura/Revestimento da Protecção Contra-Corrosão			✔	100% Inspecção	a, b, c	

Nota: Norma a Cumprir

a – Especificações Técnicas / Cadernos de Encargos
b – Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, REAE [1]
c – Fornecedor do Produto / Fabricador / Fabricador para Trabalhos Finais
d – Code of Practice for the structural use of steel [21]

Inspecção, Ensaio e Recepção (Continuação)

Os itens para o ensaio e recepção das obras de estruturas de aço representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção das Obras de Estruturas de Aço

Itens para Inspecção / Objectivos	Propriedade do Material	Verificação Qualidade da Camada do Revestimento	Recepção do Sistema de Instalação	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Ensaio de Protecção Contra Corrosão do Revestimento[1]		✔		Cada Lote	ISO12944 [19] ISO19840 [20]	iv, v	i
Ensaio de Recepção do Produto de Aço [2]	✔			Cada Lote ❶	a, b EN10002 [3] EN10045 [4]	i, v	
Ensaio à Tracção dos Parafusos[3]	✔			Cada Lote ❷	a, b ISO898 [5] ISO3506 [17]	i, v	
Ensaio de Touque das Parafusos de Cabeça e Verificação de Dimensão[3]	✔			Se Necessário ❷	a, b ISO898 [5] ISO3506 [17]	i, v	
Ensaio de Dureza das Anilhas e Verificação de Dimensão[3]	✔			Se Necessário ❷	a, b ISO887 [18]	i	
Ensaio da Espessura de Galvanização[4]		✔		Cada Lote ❸	a, b BS729 [6]	i, v	i
Ensaio da Uniformidade de Galvanização [4]		✔		Cada Lote ❸		i	
Ensaio Não-Destrutivo de Ligações Soldadas[5]			✔	Cada Lote ❹	a, b BS2600 [7] BS3923 [8] BS6072 [9] BS6443 [10] BS5135 [11] BS EN25817 [12] AWS D1.1 [13]	ii, v	
Ensaio de Prova da Protecção Contra Corrosão e Pintura		✔		Se Necessário ❺	a, b	-	
Ensaio à Tracção de Buchas Expansivas[8]			✔	Cada Lote ❻	a, b BS5080 [16]	iii	

Nota: Método de Inspecção

1 – Ensaio de Protecção Contra Corrosão do Revestimento
Em geral, inclui o ensaio de espessura da membrana seca, da membrana húmida e ensaio de adesão, etc. O ensaio de espessura deve estar de acordo com ISO2808[2], e pode ser consultado no relativo plano e procedimento da garantia de qualidade para projecto de engenharia.

2 – Ensaio de Recepção do Produto de Aço

Após da amostragem, devem ser realizado ensaio à tensão de acordo com EN10002[3]. No caso em que o conteúdo dos certificados de produção não abrangem quanto a análise química e ensaio de impacto, deve ser realizado ensaio de impacto Charpy de acordo com EN10045[4].

3 – Ensaio de Recepção do Parafusos e Parafusos de Cabeça

O ensaio deve ser realizado de acordo com ISO898[5]. No caso necessário para a demonstração da trabalhabilidade dos parafusos e dos parafusos de cabeça, devem ser realizado ensaio de prova ou relativos ensaios.

4 – Ensaio de Recepção das Anilhas

O ensaio deve ser realizado de acordo com ISO897[18]. No caso necessário para a demonstração da trabalhabilidade das anilhas, devem ser realizado ensaio de prova ou relativos ensaios.

5 – Ensaio de Espessura de Galvanização e Uniformidade de Galvanização

O ensaio deve ser realizado de acordo com BS729[6]. Com diferentes espessuras, grau de chapas e perfis amostra de chapas com dimensão 100mmX100mm ou perfis de comprimento 200mm pelo processo <<hot-dip>> com os elementos de aço relacionados que usados no projeto para ensaio da uniformidade de galvanização.

6 – Ensaio Não-Destrutivo de Ligações Soldadas

O ensaio deve ser realizado de acordo com os seguintes:

Soldadura de Topo

- Ensaio Ultra-sónico BS3923[8]
- Ensaio Radiográfico BS2600[7]

Soldadura de Corte

- Ensaio por Líquidos Penetrantes BS6443[10]
- Ensaio por Partículas Magnéticas BS6072[9]

A inspecção de soldadura também pode ser realizado de acordo com AWS D1.1-96[13].

7 – Ensaio à Tracção de Buchas Expansivas

Deve ser realizado o ensaio em diferentes localizações dos elementos de betão, no fim de garantir a resistência e viabilidade de buchas. A amostragem é feita na zona seleccionada, cinco amostras através do equipamento de aumento de carga a aplicar carga consoante os requisitos do projecto ou especificações do material para garantir as buchas livre de sinais de estragos, deslocamentos ou deformações.

Frequência Recomendada do Ensaio

❶ – No que se refere a frequência do ensaio de produtos de aço pode ser consultado no artigo 86 do "Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios" e os requisitos dos cadernos de encargos. De acordo com o regulamento, a amostragem é realizada para produtos da mesma espessura com a mesma referência do lote, uma amostra para cada 40 toneladas. A definição da mesma espessura consiste em produtos com diferença de espessura menor que 5mm. As amostras devem ser seleccionadas aleatoriamente.

❷ – No que se refere a frequência do ensaio de parafuros, parafusos de cabeça e anilhas pode ser consultado noo artigo 87 do "Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios" e os requisitos dos cadernos de encargos. . De acordo com o regulamento, a amostragem é realizada para mínimo de 3 elementos. Para diâmetro dos parafusos menor M16, a frequência seria de 1/15000; para diâmetro entre M16 e M24, a frequência seria 1/5000; para diâmetro maior que M24, a frequência seria 1/2500.

❸ – No que se refere a frequência do ensaio de produtos galvanizados pode ser consultado no artigo 90 do "Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios" e os requisitos dos cadernos de encargos. De acordo com o regulamento, a amostragem é realizada para cada 20 toneladas ou no mínimo de 1 amostra para cada entrega (escolhendo o menor), para o ensaio de espessura de galvanização; para cada 100ton ou no mínimo de 1 amostra para cada entrega (escolhendo o menor), para o ensaio da uniformidade de galvanização.

❹ – No que se refere a frequência do ensaio de ligações soldadas pode ser consultado no artigo 88 do "Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios" ou requisitos dos cadernos de encargos. .

❺ – No caso em que os resultados tenham relevantes interesses relativos aos requisitos do projecto ou da construção; ou os resultados / parâmetros tenham grande influência no projecto ou qualidade, deve ter especial consideração.

❻ – Para a recepção do lote de buchas expansivas, recomenda-se a realização do ensaio à tracção para 1 bucha. A lote pode ser definido para o mesmo tipo e mesma dimensão a instalar-se na mesma zona a mesma altura.

Norma a Cumprir

a – Especificações Técnicas / Cadernos de Encargos
b – Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, REAE [1]

Critério de Aceitação

i – No caso dos resultados do ensaio não estão de acordo com os requisitos, deve ser realizado duas amostras adicionais do mesmo lote para a devida verificação. No caso de um dos resultados do ensaio não está de acordo com os requisitos, a relativa lote deve ser considerada insatisfeita (pode ser constauldo no artigo 86 e 87 do "Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios").

ii– O ensaio para ligações soldadas deve ser realizado de acordo com o Quadro 18 e 19 do BS5135[11], Quadro 1 do BS EN 25817[12] ou AWS D1.1[13]. No caso um dos resultados do ensaio não está de acordo com os requisitos, deve ser realizado adequado tratamento e para fazer o reteste (pode ser consultado no artigo 88 do "Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios").

iii– No caso dos resultados do ensaio não estão de acordo com os requisitos, recomenda-se a selecção de cinco amostras adicionais do mesmo lote para a devida verificação. No caso em que os resultados não estão de acordo com os requisitos do ensaio, devem ser submetidos proposta remediável para o adequado trabalho de reforço.

iv– No caso dos resultados do ensaio não estão de acordo com os requisitos, deverão ser produzidos mais dois provetes a partir do material donde foi retirado o primeiro provete. Se um dos testes suplementares falhar, o lote deve ser considerada insatisfeita.

v– O ensaio é realizado pelo laboratório não-oficial com a qualificação profissional, depois dos ensaios, ensaios adicionais para 5% do montante total é recomendada e os ensaios são realizados por laboratório oficial para verificação.

Nota

i – Para materiais de aço usado como membros estruturais principais, O ensaio de espessura do revestimento de proteção ser consultado no plano e procedimento de garantia de qualidade para projecto de engenharia das obras de pintura.

4. Referências

[1] Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, Regulamento Administrativo n.º 29/2001

[2] ISO2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[3] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[4] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)

[5] ISO898, Mechanical properties of fasteners
Part 1 – Bolts, screws and studs
Part 2 – Nuts with specified proof load values – coarse thread.

[6] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

[7] BS2600, Radiographic examination of fusion welded butt joints in steel

[8] BS3923, Methods of ultrasonic examination of welds

[9] BS6072, Magnetic particle flaw detection

[10] BS6443, Penetrant flaw detection

[11] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels

[12] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections

[13] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel

[14] General Specification for Building – Architectural Services Department, Hong Kong (ASD)

[15] General Specification for Civil Engineering Works – The Government of the Hong Kong Special Administrative Region.

[16] BS5080: Part 1, Structural fixings in concrete and masonry, Method of test for tensile loading

[17] ISO3506, Mechanical properties of corrosion resistence stainless-steel fasteners.
Part 1 – Bolts, screws and studs
Part 2 – Nuts

[18] ISO887, Plain washer for metric bolts, screws, and nuts for general purposes – General plan

[19] ISO12944, Paints and varnishes

[20] ISO19840, Paints and varnishes

[21] Code of Practice for the structural use of steel, Hong Kong