ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

СТБ EN 13445-5-2009

СОСУДЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Часть 5

Контроль и испытания

ПАСУДЗІНЫ, ПРАЦУЮЧЫЯ ПАД ЦІСКАМ

Частка 5

Кантроль і выпрабаванні

(EN 13445-5:2009, IDT)

Издание официальное

БЗ 11-2009



Госстандарт

Минск

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.642-98(083.74)(476) МКС 23.020.30 КП 03 IDT

Ключевые слова: сосуды, работающие под давлением, методы контроля, испытания

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН ПО УСКОРЕННОЙ ПРОЦЕДУРЕ научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС)

ВНЕСЕН Госстандартом Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 27 ноября 2009 г. № 61

3 Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту EN 13445-5:2009 Unfired pressure vessels – Part 5: Inspection and testing (Сосуды, работающие под давлением. Часть 5. Контроль и испытания).

Европейский стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации CEN/TC 54 «Сосуды, работающие под давлением» Европейского комитета по стандартизации (CEN).

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры европейского стандарта, на основе которого подготовлен настоящий государственный стандарт, и европейских стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Национальном фонде ТНПА.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Госстандарт, 2010

Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

Издан на русском языке

Введение

Настоящий стандарт содержит текст европейского стандарта EN 13445-5:2009 на языке оригинала и его перевод на русский язык (справочное приложение Д.А).

Введен в действие как стандарт, на который есть ссылка в Еврокоде EN 1993-1-8:2005.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

СОСУДЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ
Часть 5
Контроль и испытания

ПАСУДЗІНЫ, ПРАЦУЮЧЫЯ ПАД ЦІСКАМ
Частка 5
Кантроль і выпрабаванні

Unfired pressure vessels
Part 5
Inspection and testing

Дата введения 2010-01-01

1 Scope

This Part of this European Standard specifies the inspection and testing of individual and serially produced pressure vessels made of steels in accordance with EN 13445-2:2009 subject to predominantly non_cyclic operation (i.e. vessels operating below 500 full equivalent pressure cycles).

Special provisions for cyclic operation are given in EN 13445-3:2009 and in Annex G of this Part.

Special provisions for vessels or vessel parts working in the creep range are given in Clause 5, Clause 6, Clause 10, Annex H and Annex I of this Part.

NOTE The responsibilities of parties involved in the conformity assessment procedures are given in Directive 97/23/EC. Guidance on this can be found in CR 13445-7.

2 Normative references

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

EN 287-1:2004, EN 287-1:2004/A2:2005, *Qualification test of welders — Fusion welding — Part 1: Steels.*

EN 473:2008, *Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel — General principles.*

EN 571-1:1997, *Non-destructive testing — Penetrant testing — Part 1: General principles.*

CEN/TS 764-6:2004, *Pressure equipment — Part 6: Structure and content of operating instructions.*

EN 583-4:2002, EN 583-4:2002/A1:2003, *Non-destructive testing — Ultrasonic examination — Part 4: Examination for discontinuities perpendicular to the surface.*

EN 895:1995, *Destructive tests on welds in metallic materials — Transverse tensile test.*

EN 970:1997, *Non-destructive examination of fusion welds — Visual examination.*

EN 1289:1998, EN 1289:1998/A1:2002, EN 1289:1998/A2:2003, *Non-destructive testing of welds — Penetrant testing of welds — Acceptance levels.*

EN 1290:1998, EN 1290:1998/A1:2002, EN 1290:1998/A2:2003, *Non-destructive testing of welds — Magnetic particle testing of welds.*

EN 1291:1998, EN 1291:1998/A1:2002, EN 1291:1998/A2:2003, *Non-destructive testing of welds — Magnetic particle testing of welds — Acceptance levels.*

EN 1418:1997, *Welding personnel — Approval testing of welding operators for fusion welding and resistance weld setters for fully mechanized and automatic welding of metallic materials.*

EN 1435:1997, EN 1435:1997/A1:2002, EN 1435:1997/A2:2003, *Non-destructive testing of welds — Radiographic testing of welded joints.*

EN 1712:1997, EN 1712:1997/A1:2002, EN 1712:1997/A2:2003, *Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing of welded joints — Acceptance levels.*

EN 1713:1998, EN 1713:1998/A1:2002, EN 1713:1998/A2:2003, *Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Characterization of indications in welds.*

EN 1714:1997, EN 1714:1997/A1:2002, EN 1714:1997/A2:2003, *Non-destructive examination of welds — Ultrasonic examination of welded joints.*

EN 1779:1999, EN 1779:1999/A1:2003, *Non-destructive testing — Leak testing — Criteria for method and technique selection.*

EN 12062:1997, EN 12062:1997/A1:2202, EN 12062:1997/A2:2003, *Non-destructive testing of welds — General rules for metallic materials.*

EN 12517-1:2006, *Non-destructive testing of welds — Radiographic testing of welded joints — Acceptance levels.*

EN 13445-1:2009, *Unfired pressure vessels — Part 2: General.*

EN 13445-2:2009, *Unfired pressure vessels — Part 2: Materials.*

EN 13445-3:2009, *Unfired pressure vessels — Part 3: Design.*

EN 13445-4:2009, *Unfired pressure vessels — Part 4: Fabrication.*

EN ISO 4063:2000, *Welding and allied processes – Nomenclature of processes and reference numbers (ISO 4063:1998).*

EN ISO 5817:2007, Welding — Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections (ISO 5817:2003).

EN ISO 6520-1:2007, Welding and allied processes — Classification of geometric imperfections in metallic materials — Part 1: Fusion welding (ISO 6520-1:2007).

3 Terms and definitions

For the purposes of this European Standard the following terms and definitions apply.

3.1
design review
procedure by which a manufacturer ascertains and attests that the design meets the requirements of this standard

3.2
design approval
procedure by which a responsible authority ascertains and attests that the design meets the requirements of this standard

3.3
testing group
grouping which determines the appropriate level of non-destructive testing (NDT) on a welded joint

NOTE There are four testing groups.

3.4
inspection
survey activity which assesses the compliance of the pressure vessel to the technical specification

NOTE It is a major activity, undertaken mainly by the manufacturer during design, manufacture and testing of equipment. It can be complemented by inspection by other parties. Inspection includes the assessment of testing activities.

3.5
testing
procedure used to attest vessel compliance with the technical requirements of this standard by one or more tests

3.6
technical specification
technical data included in the order or mandatory for pressure vessels and covering such things as regulations and user's specific requirements

3.7
repair
process of rectifying a condition in either base material or weld to ensure compliance with this standard

NOTE The following definitions all relate to serially produced pressure vessels as described in Annex A.

3.8
serial production
manufacture of identical vessels or parts which subsequently are joined to form a complete vessel and which are manufactured to a single model approval, using the same manufacturing procedure involving a continuous fabrication process

3.9
continuous fabrication process
process where the welding of the main seams and branch welds is essentially continuous

NOTE Stoppages or break-downs requiring resetting of the welding machine and/or NDT equipment constitute a break in continuity. Adjustments to the welding machine within the welding procedure limitations do not qualify as resetting the welding machine.

3.10
model acceptance
procedure which ascertains and attests that a representative sample of the production (a prototype vessel/part) meets the requirements of this standard in respect of design, manufacturing and testing

NOTE Model acceptance is conducted by the manufacturer or the responsible authority depending on the conformity assessment module chosen.

3.11
prototype vessel/part
first or representative example of a series of pressure vessels/parts covered by a single model acceptance

3.12
batch of vessels
part of a series where the welding of the main weld joints and branch welds has been essentially continuous

NOTE A stoppage in vessel production greater than three consecutive days requires the designation of a new batch.

3.13
shift
period of time per day during which the welding operator or operators remain the same

4 Performance of inspection and testing

4.1 General

Each individual vessel shall be inspected during construction and upon completion. Inspections shall be made to ensure that in all respects the design, materials, manufacturing, and testing comply with the requirements of this standard. Documented evidence shall be prepared to verify implementation of this requirement.

4.2 Inspection

Inspection shall be carried out by the manufacturer to verify that all requirements of this standard have been met. The level of non-destructive testing (NDT) shall be dependent on the testing group as described in 4.3.

4.3 Non-destructive testing (NDT)

The type and amount of non-destructive testing of a pressure vessel shall be based upon the testing group or combination of testing groups when permitted in 6.6.1.1.2 (see Table 6.6.1-1: testing groups for steel pressure vessels and Table 6.6.2-1: extent of non-destructive testing).

5 Technical documentation

5.1 General

The vessel manufacturer shall document those items listed in 5.2, which shall be reviewed in accordance with 5.3, prior to manufacture commencing.

The manufacturer shall state which vessels are covered by the same design documentation.

5.2 Information to be contained in the technical documentation

For the purposes of this standard the following types of documents shall be considered necessary as technical documentation.

5.2.1 General description of the pressure vessel

a) Name of vessel manufacturer and subcontractors, if applicable;

b) Location/s of vessel manufacturers and sub-contractors, if applicable;

c) Document describing design data and special consideration which covers:

   1) maximum and minimum allowable pressures, design pressures and test pressures in bar for each compartment (vacuum with minus sign);

   2) capacity in litres for each compartment;

   3) maximum and minimum design temperatures;

   4) nature and location of marking of the pressure vessel, nameplate or stamp;

   5) the fluid group.

6) if the vessel is designed for fatigue according to Clause 17 or Clause 18 of EN 13445-3:2009:

   — the cyclic loads considered;

   — the allowed numbers of cycles;

   — the relevant fatigue locations;

7) the design method used e.g. if the vessel is totally or in part designed by Design by Analysis – Direct Route of Annex B of EN 13445-3:2009 or designed according to 6.3 of EN 13445-3:2009.

8) If the vessel is working in the creep range, the following additional information:

   — the design life (e.g. 100000 h) and expected life for each load case

   — the parts of the vessel which are subjected to creep

   — the value of the weld creep strength reduction factor which has been used for each weld joint subjected to creep

   — whether lifetime monitoring, as defined in Clause 19 of EN 13445-3:2009, is or not being applied.

5.2.2 Conceptual design and construction drawings

The manufacturer analysis of hazards identifying those which apply to the pressure vessel on account of pressure shall be documented and be of sufficient detail.

Details of the conceptual design including the design methods adopted, performance criteria and construction drawings shall be provided. Guidance about the detailed dimensional information that shall be provided is given in Annex B. Process diagrams, sub-assemblies or other data relevant to conceptual design shall also be maintained.

5.2.3 Descriptions and explanations necessary for an understanding of the drawings and diagrams and the operation of the pressure vessel

a) operating instructions;

b) special checks to be carried out e.g. tests envisaged on closures, bellows, clamping bolts, etc.

c) operational position if this is significant with regard to the safety evaluation.

5.2.4 Results of design calculations and examinations carried out

5.2.4.1 Design calculations shall be provided by the vessel manufacturer to the extent necessary to demonstrate compliance with this standard.

Supporting detailed drawings shall be prepared with all dimension notations marked. The drawings shall clearly identify in the case of cyclic loaded vessels, the critical areas. The maximum permissible peaking for cyclically loaded vessels shall also be given in the drawing. At least on the pressure vessel general arrangement drawing, the testing group for each welded joint shall be clearly identified.

5.2.4.2 If calculations are made with the aid of a computer in order to comply with this standard, then at least the following data shall be presented:

a) explanation of notations;

b) input values;

c) reference number of the standard including edition and reference number of the equation;

d) results of intermediate equations;

e) calculated minimum thickness without additions or the calculated stress and its comparison to the allowable stress;

f) wastage (corrosion) allowance;

g) thickness tolerance (negative thickness tolerance);

h) the chosen thickness.

5.2.4.3 In the event that stress analysis is carried out with the finite element method or other design methods they shall be documented as follows:

a) input data;

b) plotter graphs (original and copy) form;

   1) the element subdivision;

   2) the stresses, e.g. as line or arrow figures or equal stress curves; stress curves of surfaces;

   3) the displacements;

c) boundary conditions;

d) the stresses in the most critical areas;

e) the dividing and classifying of the stresses into different stress categories;

f) the comparison of stress intensities and the allowable stress values.

5.2.4.4 In specific cases the following information shall be necessary:

a) type of post weld heat treatment and, where necessary, type and extent of associated material tests;

b) construction sequence schedule if the structural testing is to be carried out in several partial steps;

c) fluid(s) being contained and its (their) specific gravity, if this is required for the design of the vessel;

d) pressure testing medium, if the initial or the periodic pressure tests are to be carried out with a medium other than water, the test minimum metal temperature for proof tests (both hydrostatic and pneumatic);

e) position of the vessel in the pressure tests (e.g. horizontal or vertical), if this is significant with regard to the safety evaluation;

f) maximum and minimum liquid levels, if these are required with regard to the safety evaluation;

g) static supplementary forces, e.g. bearing forces, wind and snow loads. An extra calculation shall be presented if the supplementary forces essentially affect the design of the pressure vessel;

h) cyclic and dynamic loading, including seismic loading, where applicable;

i) additional requirements based on other regulations;

j) purchaser's requirements based on the vessel operating conditions in addition to the requirements of this standard;

k) possible corrosion attack, especially in crevices, which shall be taken into account;

l) joint coefficient.

5.2.5 Test reports

These shall consist, as a minimum, of the following:

a) welding procedure qualification records, certificate of qualification of welding personnel;

b) material certificates;

c) an example of the proposed list of the manufacturing records;

d) values of measured peaking for vessels subject to cyclic loads.

5.2.6 Technical/manufacturing schedule

This shall consist of the following information:

a) the welding processes to be used for the pressure containing parts and welding of any temporary or other attachments to pressure containing parts. The following data are required for the structural testing:

   1) weld location, shape and preparation and where necessary build up of the layers and treatment of welds;

   2) welding process (in the case of multiple processes, identification of the process against the weld joint);

   3) welding consumables (classification according to the relevant European Standards or trade names);

   4) type and extent of production test, number of test plates, non-destructive tests;

If some of the data listed before are not available for the design review, then these shall be completed before finishing the manufacture.

b) special checks to be carried out e.g. the tests envisaged on closures, bellows, clamping, bolts;

c) any pertinent details relative to vessel design and data required in specific cases;

   1) additional wall thickness if this is required by the purchaser;

   2) operational position if this is significant with regard to the safety evaluation;

3) location and size of inspection and access openings and also closing mechanisms and special locking elements in accordance with Annex C;

4) special equipment to enter the pressure vessel (e.g. spiral stairs, climbing irons);

5) linings, e.g. of masonry and inserts, if significant with regard to the safety evaluation;

6) marking of the welds that will be made on the construction site;

7) proposals on safety;

8) proposals on process requirements such as drainage etc.

5.3 Design review

5.3.1 General

A design review and documented acceptance shall be conducted in all cases.

In particular the review shall include design calculations in accordance with the requirements of this standard, taking into consideration the supporting information of the manufacturer analysis of hazards, and the technical/manufacturing schedule in respect of its intended services. Following the design the pressure vessel shall be manufactured in accordance with the approved manufacturing drawings.

5.3.2 Design review

The design review shall consist of, but not be limited to, the following areas:

a) the suitability of material for intended use;

b) welding processes and consumables;

c) the access to perform the required levels of inspections and tests based on proposed vessel construction geometry;

d) the suitability of openings and closures in meeting the requirements of this standard;

e) the provision and adequacy of safety accessories against the requirements of this standard for individual pressure vessels or devices which are contained within the pressure system or assembly. Alternatively the parties responsible for satisfying the provision of safety accessories shall be identified;

f) the adequacy of proposed pressure retaining boundary (thickness, vessel geometry, weld joint geometry etc.) for design conditions against those required by the design requirements of this standard;

g) the adequacy of the stress analysis method in accordance with 5.2.4.3;

h) manufacturing and test procedures.

6 Inspection and testing during fabrication

6.1 General

The inspection and testing activities during fabrication, described in this clause, shall be the responsibility of the manufacturer and shall be fully implemented for all pressure vessels.

6.2 Manufacturing procedures and construction drawings

The manufacturer shall ensure that all construction drawings and manufacturing procedures reviewed and approved at the design stage in clause 5, shall be available at the appropriate work area and shall be fully implemented in manufacturing. Inspection records shall document the use of the correct and appropriate procedures, and/or drawings including revision status at the time the inspection is performed.

6.3 Material traceability

6.3.1 General

The vessel manufacturer shall have and maintain an identification system for materials used in fabrication so that all material subject to stress due to pressure and those welded thereto in the completed vessel can be traced to its origin. This includes the use of welding consumable. The identification system used shall satisfy the requirements of EN 13445-4:2009.

Testing of material traceability, including transfer of markings, shall be performed throughout fabrication and records maintained to document the method used from those permitted in EN 13445-4:2009 (i.e. direct markings visible on the completed vessel, a direct coded marking on the vessel or tabulation/as built sketches). Final records shall include all material certification required by this standard.

6.3.2 Special Conditions - Material marking

Where service conditions prohibit die-stamping for material identification (see EN 13445-4:2009) and when so specified by the purchase order, the manufacturer of the base materials shall mark the required data on the materials in a manner which will allow positive identification during inspection upon delivery. The markings shall be recorded so that each item of material will be positively identified in its position in the completed vessel (e.g. material/position list) and shall form part of the final records.

6.4 Preparation for manufacturing processes

6.4.1 General

Preparation for manufacturing processes such as edge preparation, vessel supports for formed parts prior to welding and forming shall be controlled and inspected to ensure that such activities are not detrimental to the completed vessel.

6.4.2 Joint preparation testing

The extent to which edges are dressed prior to testing shall be in accordance with EN 13445-4:2009. All joint preparations shall be subject to visual inspection prior to any welding. Defects such as laminations, cracks and slag inclusion shall be removed prior to welding. In case of an increased probability of occurrence of imperfections or when imperfections have been detected, a visual inspection shall be supplemented by additional non-destructive testing.

All inspections shall be carried out by qualified personnel. The result of joint preparation testing shall be recorded in the NDT inspection schedule.

6.4.3 Inspection of vessel supports

All tack welds associated with bars, jacks, clamps, or other appropriate means used to hold the edges of vessel parts and/or provide support in welding shall be inspected.

— Welds of permanent attachments to pressure parts shall be examined to the extent described in Table 6.6.2-1 (line 21).

— Welds of temporary attachments shall be examined after removal for surface cracks to the extent described in Table 6.6.2-1 (line 22).

— Any repairs necessary following removal of temporary attachments shall be tested as described in 6.5.3.

6.4.4 Inspection associated with forming

Prior to any forming the material to be formed shall be subject to visual inspection and thickness measurement in accordance with the requirements of EN 13445-4:2009. The result of the inspection shall be recorded in the NDT inspection schedule.

6.4.5 Testing of areas subject to significant through thickness tensile stress

In case of an increased probability of internal damage in areas subject to significant through thickness tensile stress caused by welding, these areas shall be examined for internal imperfections prior to welding. The result of the inspection shall be recorded in the NDT inspection schedule

6.5 Welding

6.5.1 General

When permitted by EN 13445-3:2009, permanent backing strip and joggle joint shall be fitted and adjusted such that the quality of the weld achieved is the same as a conventional single-sided butt weld. The weld shall be subject to the same type of non-destructive testing and acceptance criteria as a single-sided butt weld.

Welds in all testing groups shall be subject to in-process inspections, especially welds of testing groups 3 or 4 not required to be subject to NDT under Table 6.6.1.2-1 shall be specifically subject to visual inspection at the "fit-up" and "chip back of second side of sound metal" stages.

All finished welding shall be subject to visual inspection. In addition, depending on the testing group, the finished welds shall be subject to NDT in accordance with Tables 6.6.1-1 and 6.6.2-1 for that type of weld.

6.5.2 Verification of welder and welding operator approval and procedures approval

The vessel manufacturer shall verify that welding has been done only by welders and operators who have been approved under the requirements of EN 287-1:2004 and EN 1418:1997. Procedures shall be qualified in accordance with EN 13445-4:2009.

Welder and welding operators identification shall be controlled in accordance with EN 13445-4:2009.

Traceability of the welder and welding operator shall be monitored by inspection throughout construction of the pressure vessel and shall be verified at the final assessment, see 10.2.2.

6.5.3 Inspection of repairs

All welded repairs shall be subject to the same non-destructive testing requirements as those which detected the imperfection. This includes the same acceptance criteria. Such repairs shall be carried out using approved weld procedures and approved welders and welding operators. The extent of testing of repairs shall comply with Table 6.6.2-1 and cover 100 % of the area repaired.

Non welded repairs by surface dressing are permissible providing that the area of repair is subject to NDT according to Table 6.6.2-1 and free from unacceptable imperfections, see 6.6.5 for retesting requirements.

Weld metal deposited to restore base material shall be subject to non-destructive testing for the full surface area involved, using Magnetic Particle Testing (MT) or Penetrant Testing (PT).

6.6 Non-destructive testing of welded joints

6.6.1 Extent of non-destructive testing

The required extent of non-destructive testing depends both on the testing group and the type of the welded joints. Guidance to determine the required extent of testing is given in the following clauses.

For serially produced pressure vessels an alternative route is given in Annex A. This annex is not applicable to vessels or vessel parts designed according to Design by Analysis – Direct Route of Annex B of EN 13445-3:2009 or designed according to 6.3 of EN 13445-3:2009. This annex is not applicable for vessels or vessel parts working in the creep range.

6.6.1.1 Use of testing groups

6.6.1.1.1 General

The non-destructive testing of welded joints for final acceptance purposes shall depend upon the testing group or subgroup of the welded joint under consideration.

In Table 6.6.1-1, testing groups 1, 2, 3 and 4 apply below the creep range. Testing groups 1, 2 and 3 are subdivided into sub-groups 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, in order to reflect crack sensitivity of the material. In Table F.2-1 of Annex F, testing sub-groups 1c and 3c apply to creep.

NOTE 1 The testing groups or sub-groups take into consideration the manufacturing difficulties associated with different groups of steel, maximum thickness, welding process, service temperature range and joint coefficient. It is intended that any of the testing groups will provide adequate integrity for typical applications within the limitations contained within Tables 6.6.1-1 and F.2-1.

For vessels (or vessel parts) designed according to Design by Analysis – Direct Route of Annex B of EN 13445-3:2009 or designed according to 6.3 of EN 13445-3:2009, only testing group 1 is permissible.

NOTE 2 Further restrictions are given in Annex A of EN 13445-3:2009.

For vessels designed by experimental methods, the testing group to be considered for the vessel or vessel part shall be determined according to the rules given in Table 6.6.1-1 and the possible limitations stated in T.5 of EN 13445-3:2009.

NOTE 3 The joint coefficient is not used in design by the experimental method without calculation.

For vessels (or vessel parts) working in the creep range only testing groups 1c and 3c are permissible. The extent of NDT is given in Table F.2-1 of Annex F. Testing groups 1, 2 and 3 are permissible for any welded joint not subjected to creep.

6.6.1.1.2 Testing groups 1, 2 and 3

It is intended that a single testing group is applied to the entire vessel.

When the vessel is made of several sections (courses), a combination of testing groups 1, 2, and 3 is permissible providing that the requirements of Table 6.6.1-1 are met.

If a combination of testing groups is necessary, for example as the result the use of DBA Direct Route, of the Alternative Route, of design in the creep range or for fatigue in a section (course), the following shall apply:

a) in each section (course) of the vessel, the testing group of the shell governing welded joints, where present, shall determine the minimum testing group for all the welds, including the nozzle welds, in that section;

b) the testing group of the weld between two welded sections of different testing groups shall be the higher of the two testing groups;

c) the minimum testing group (i.e. the one with the lower level of NDT) of the welds between a welded component and a seamless one (not welded), or between two seamless components, shall be determined by the available thickness (i.e. actual thickness less tolerances less corrosion allowance) at the weld. Where the available thickness is greater than 1,17 (this is equivalent to 1/0,85) times the minimum thickness, the testing group of the weld shall be 3 as a minimum requirement. Otherwise it shall be testing group 1 or 2 according to Table 6.6.1-1.

6.6.1.1.3 Testing group 4

Testing group 4 shall be used as a single group for the entire vessel and shall not be used with any other testing group.

6.6.1.1.4 Demonstration of satisfactory experience for testing group 2

Satisfactory experience shall be a minimum amount of welds or vessels of successfully produced and tested within the scope/parameters of the welding procedure approval test, as given below:

— in case of groups 1.1, 1.2 and 8.1 materials, the successful production is 25 consecutive pressure vessels or 50 consecutive metres of governing welded joints;

— in case of materials of other groups, it is 50 consecutive pressure vessels or consecutive 100 m of governing welded joints;

— experience in material group 3.1 covers experience in material groups 1.1, 1.2 and 1.3;

— experience in material group 1.3 covers experience in material groups 1.1, 1.2;

— experience is accepted as long as there is a valid welding procedure approval test for a more critical or at least a comparable material.

Any imperfection requiring repair during the process of demonstrating experience shall require that the manufacturer start again the complete demonstration process.

Subsequently, (after demonstration of experience) isolated imperfections shall be handled in accordance with 6.5.3. and shall not affect the demonstration of experience.

However, multiple, systematic or process imperfections shall be investigated, corrected and the full demonstration of experience repeated. Such imperfections tend to be repetitive and similar in nature. They can be the result of inadequate welding parameters (e.g. resulting from equipment malfunction, a too large range of parameters, incorrect use of parameters within the range of approval) or operator error. In the case of inadequate parameters, consideration of requalification of the Welding Procedure Specification (WPS) should be performed.

Documentary evidence of the process of demonstration of experience shall be maintained by the manufacturer.

Table 6.6.1-1 — Testing groups for steel pressure vessels

Requirements	Testing group [a]						
	1		2		3		4 [b,j]
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	
Permitted materials [g]	1 to 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Extent of NDT for governing welded joints [e,h]	100 %	100 %	100 % - 10% [d]	100 % - 10 % [d]	25 %	10 %	0 %
NDT of other welds	Defined for each type of weld in Table 6.6.2-1						
Joint coefficient	1	1	1	1	0,85	0,85	0,7
Maximum thickness for which specific materials are permitted	Unlimited [f]	Unlimited [f]	30 mm for groups 9.1, 9.2 16 mm for groups 9.3, 8.2 [i], 10	50 mm for groups 1.1, 8.1 30 mm for group 1.2	30 mm for groups 9.2, 9.1 16 mm for groups 8.2, 10	50 mm for groups 1.1, 8.1 30 mm for group 1.2	12 mm for groups 1.1, 8.1
Welding process	Unlimited [f]	Unlimited [f]	Fully mechanical welding only [c]		Unlimited [f]	Unlimited [f]	Unlimited [f]
Service temperature range	Unlimited [f]	Unlimited [f]	Unlimited [f]	Unlimited [f]	Unlimited [f]		Limited to (-10 to +200) °C for group 1.1 (-50 to+300) °C for group 8.1

[a] All testing groups shall require 100 % visual inspection to the maximum extent possible
[b] Testing group 4 shall be applicable only for:
- Group 2 fluids; and
- $P_S \leq 20$ bar; and
- P_S $V \leq 20\,000$ bar·L above 100 °C; or
- P_S $V \leq 50\,000$ bar·L if temperature is equal or less than 100 °C;
- higher pressure test (See clause 10);
- maximum number of full pressure cycle less than 500;
- lower level of nominal design stress (See EN 13445-3:2009).

[c] Fully mechanised and/or automatic welding process (See EN 1418:1997).
[d] First figure: initially, second figure: after satisfactory experience. For definition of "satisfactory experience", see 6.6.1.1.4
[e] Testing details are given in Table 6.6.2-1
[f] Unlimited means no additional restriction due to testing. The limitations mentioned in the table are limitations imposed by testing. Other limitations given in the various clauses of the standard (such as design, or material limitations, etc.) shall also be taken into account.
[g] See EN 13445-2:2009 for permitted materials.
[h] The percentage relates to the percentage of welds of each individual vessel
[i] 30 mm for group 8.2 material is allowed if delta ferrite containing welding consumables are used for depositing filling passes up to but not including the capping run.
[j] Limited to single compartment vessels and single material group.

6.6.2 Determination of extent of non-destructive testing

6.6.2.1 General

As a general rule, the extent of non-destructive testing, given as a percentage value, shall be in accordance with Table 6.6.2-1 which only covers the processes listed in EN 13445-4:2009. This percentage value reflects the extent of non-destructive testing of the total length of the welded joint and takes into consideration the testing group and type of weld.

For vessels designed by experimental methods, the required extent of non-destructive testing of welded joints shall be determined according to the rules given in Table 6.6.2-1.

In case where it is not obvious whether the welded joint is a governing one or not, due to the complex shape of the vessel and/or the particular location of that joint, a conservative assumption shall be made, i.e. the welded joint shall be considered as a governing welded joint and tested accordingly.

NOTE For definition of governing welded joint, see EN 13445-3:2009, definition 3.13. For examples of governing welded joints, see EN 13445-3:2009, subclause 5.6.

If no weld is present in the vessel or vessel part, testing group 1 shall be assumed.

6.6.2.2 Welded joints covered by Table 6.6.2-1

Table 6.6.2-1 is designed for steel for:

— multilayer welds welded as single or double side welds;

— single run one side circumferential welds;

— performed with consumables;

— produced by the following typical processes: Manual Metal Arc (MMA) 111, Submerged Arc (SAW) 121, Metal Active Gas (MAG) 135, Metal Inert Gas (MIG) 131, Tungsten Inert Gas (TIG) 141, Plasma MIG welding 151.

6.6.2.3 Other welded joints

6.6.2.3.1 General

Special problems arising from elements such as those described below are not covered in Table 6.6.2-1 and shall be considered for all butt-welded joints especially for longitudinal/governing joints:

— single run one side governing welds;

— joints between dissimilar materials or dissimilar consumables.

6.6.2.3.2 Single run one side governing welds

For single run governing welds made from one side, the thickness shall be limited to 10 mm. It is also noted that these vessels are limited to non cyclic duty i.e. 500 full pressure cycles. For volumetric NDT of single runs, one of the two options below shall be used:

a) NDT extent shall be as prescribed in Table 6.6.2-1 conditional upon a hydrotest at a higher test pressure performed as specified in paragraph 10.2.3.3.1, Table 10.2.3.3-1 with control of peaking and excess weld.

b) NDT extent prescribed in Table 6.6.2-1 shall be multiplied by 2 without exceeding 100 % but not less than 25 % for longitudinal and 10 % for circumferential. When there is a change which could influence the performance of the welding process (e.g. before changing the copper bar or the gas, after changing the wire or the powder and production test specimens, before changing the copper bar or gas and after changing wire) additional NDT shall be performed at the start of those seams.

For both a) and b), welding shall require qualification with welding procedure test, as requested in EN 13445-4:2009, on the actual nominal thickness of the weld joint that is welded by the single run from one side. The range of qualification shall be restricted to $0{,}8 \cdot t$ to t, where t is the actual nominal thickness of the test coupon.

For all thicknesses, X-Ray in the direction of the weld preparation shall be used.

6.6.2.3.3 Non destructive testing of joints between dissimilar materials or dissimilar consumables

NDT on these joints must be performed to a specific written procedure with additional attention to interpretation of the results.

6.6.2.4 Testing group 2

For testing group 2, the reduction in percentage of NDT given in Table 6.6.2-1 is given by the two figures (e.g. 100 % - 10 %). The first value refers to the initial extent of NDT required until sufficient satisfactory experience (See 6.6.1.1.4) is established when the second lower value applies.

6.6.2.5 When less than 100 % NDT is required by the selected testing group in Table 6.6.1-1

In case of less than 100 % required testing, the extent and location of non-destructive testing shall be determined by the following criteria. The joints selected shall be representative of all welding on the pressure vessel.

a) For shells, formed heads, communicating chambers and jackets

   1) non-destructive testing shall be performed at all intersections of longitudinal and circumferential butt joints. The minimum tested length shall be 200 mm. Where the inclusion of all intersections exceeds the percentage in Table 6.6.2-1 then this higher value will apply;

   2) if necessary to attain the percentage required in Table 6.6.2-1, additional randomly selected locations on the butt welded joint shall be subject to non-destructive testing;

   3) openings within main welds (longitudinal or circumferential) or within a distance of 12 mm from the main welds shall be examined for a length of not less than the diameter of the opening on each side of the opening. These shall be included as an addition to the percentage in Table 6.6.2-1, if applicable.

b) Nozzles and branches attached to the vessel (butt welds).

To determine the extent of non-destructive testing, the total number of nozzles and branches which have full penetration butt welds shall be grouped as follows:

   1) for 100 % non-destructive testing: the size of the group is 1 (i.e. every individual nozzle and branch) ;

   2) for 25 % non-destructive testing: the size group size is 4 (i.e. at least one complete nozzle or branch for each group of 4) ;

   3) for 10 % non-destructive testing: the size of the group is 10 (i.e. at least one complete nozzle or branch for each group of 10).

Thereafter, the complete circumferential and longitudinal butt joints of at least one nozzle or branch in each group or partial group shall be tested. When the inclusion of the number of complete circumferential and longitudinal butt welds or nozzles exceeds the percentage in Table 6.6.2-1, then the higher value will apply.

Table 6.6.2-1 — Extent of non-destructive testing

TYPE OF WELL [a, p]			TESTING [b]	EXTENT FOR TESTING GROUP [o]						
				1a	1b	2a [i]	2b [i]	3a	3b	4
				EXTENT FOR PARENT MATERIALS [l,m,n]						
				1 to 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Full penetration butt weld	1	Longitudinal joints	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100 % 10 % [d]	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	2a	Circumferential joints on a shell	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100-10) % 10 %	(25-10) % 10 % [d]	10 % 10 %	10 % [c] 10 % [d]	0 0
	2b	Circumferential joints on a shell with backing strip [k]	RT or UT MT or PT	NA NA	100 % 10 %	NA NA	25 % 10 %	NA NA	25 % 10%	0 0
	2c	Circumferential joggle joint [k]	RT or UT MT or PT	NA NA	100 % 10 %	NA NA	25 % 10 %	NA NA	25 % 10%	0 0
	3a	Circumferential joints on a nozzle d_i > 150 mm or e > 16 mm	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100-10) % 10 %	(25-10) % 10 % [d]	10 % 10 %	10 % [c] 10 % [d]	0 0
	3b	Circumferential joints on a nozzle d_i > 150 mm or e > 16 mm with backing strip [k]	RT or UT MT or PT	NA NA	100 % 10 %	NA NA	25 % 10 %	NA NA	25% 10%	0 0
	4	Circumferential joints on a nozzle $d_i \leq 150$ mm and $e \leq 16$ mm	RT or UT MT or PT	0 100 %	0 10 %	0 (100-10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
	5	All welds in spheres, heads and hemispherical heads to shells	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100 % 10% [d]	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	6	Assembly of a conical shell with a cylindrical shell without a knuckle (large end of the cone) [q, r]	RT or UT MT or PT	100 % 100 %	25 % 100 %	(100-10) % 100 %	(25-10) % 100 %	10 % 100 %	10 % 100 %	0 100 %
	7	Assembly of a conical shell with a cylindrical shell without a knuckle (small end of the cone)	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100-10) % 10 %	(25-10) % 10 % [d]	10 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
Circumferential lapped joints [k]	8a	General application shell to head	RT or UT MT or PT	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 0
	8b	Bellows to shell $e \leq 8$ mm	MT ot PT RT or UT	100 % 0 %	100 % 0 %	100 % 0 %	25 % 0 %	25 % 0 %	10 % 0 %	0 0

Table 6.6.2-1 *(continued)*

TYPE OF WELD [a, p]			TESTING [b]	EXTENT FOR TESTING GROUP [o]						
				1a	1b	2a [i]	2b [i]	3a	3b	4
				EXTENT FOR PARENT MATERIALS [l,m,n]						
				1 to 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Assembly of a flat head or a tubesheet, with a cylindrical shell Assembly of a flange or a collar with a shell	9	With full penetration	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100 % 10 % [d]	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	10	With partial penetration if a > 16 mm (a as defined in figure 6.6.2-1) [j]	RT or UT MT or PT	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	25 % 10 %	10 % 10 %	0 0
	11	With partial penetration if $a \leq 16$ mm (a as defined in figure 6.6.2-1) [j]	RT or UT MT or PT	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 10 %	0 10 %	0 0
Assembly of a flange or a collar with a nozzle	12	With full penetration	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100% 10 % [d]	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	13	With partial penetration [j]	RT or UT MT or PT	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 10 %	0 10 %	0 0
	14	With full or partial penetration $di \leq 150$ mm and $e \leq 16$ mm [j]	RT or UT MT or PT	0 10 %	0 10 % [d]	0 10 %	0 10 % [d]	0 10 %	0 10 %	0 0
Nozzle or branch [e]	15	With full penetration di> 150 mm or e > 16 mm	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100-25) % 10 %	(25-10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	16	With full penetration $di \leq 150$ mm and $e \leq 16$ mm.	RT or UT MT or PT	0 100 %	0 10 %	0 (100-10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
	17	with partial penetration for any di a > 16 mm (see figure 6.6.2-2)	RT or UT MT or PT [j]	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100-25) % 10 %	(25-10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	18	with partial penetration di > 150 mm. $a \leq 16$ mm.(see figure 6.6.2-2)	RT or UT MT or PT [j]	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 10 %	0 10 %	0 0
	19	With partial penetration $di \leq 150$ mm. $a \leq 16$ mm.(see figure 6.6.2-2)	RT or UT MT or PT [j]	0 100 %	0 10 %	0 (100-10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
Tube ends into tubesheet	20		MT or PT	100 %	100 %	100 %	100 %	25 %	10 %	0
Permanent attachments [f]	21	With full penetration or partial penetration	RT or UT MT or PT	25 % [g] 100 %	10 % [d] 10 %	10 % 100 %	10 % [d] 10 %	10 % 100 %	10 % [d] 10 % [d]	0 0

Table 6.6.2-1 *(continued)*

TYPE OF WELD [a, p]			TESTING [b]	EXTENT FOR TESTING GROUP [o]						
				1a	1b	2a [i]	2b [i]	3a	3b	4
				EXTENT FOR PARENT MATERIALS [l,m,n]						
				1 to 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Pressure retaining areas after removal of temporary attachments	22		MT or PT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0
Cladding by welding [h]	23		MT or PT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0
Repairs	24		RT or UT MT or PT	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	0 0

[a] See figure 6.6.2-3

[b] RT = Radiographic testing, UT = Ultrasonic testing, MT = Magnetic particle testing, PT = Penetrant testing

[c] 2 % if e ≤ 30mm and same WPS as longitudinal, for steel groups 1.1 and 8.1

[d] 10 % if e > 30 mm, 0 % if e ≤ 30 mm

[e] Percentage in the table refers to the aggregate weld length of all the nozzles see 6.6.1.2 b).

[f] No RT or UT for weld throat thickness ≤ 16 mm

[g] 10 % for steel groups 8.2, 9.1, 9.2, 9.3 and 10

[h] Volumetric testing if risks of cracks due to parent material or heat treatment

[i] For explanation of the reduction in NDT in testing group 2, see 6.6.1.2

[j] In exceptional cases or where the design or load bearing on the joint is critical, it may be necessary to employ both techniques (i.e. RT & UT, MT & PT). See table 6.6.3-1 for other circumstances for use of both techniques

[k] For limitations of application see EN 13445-3:2009, 5.7.3.2.

[l] The percentage of surface examination refers to the percentage of length of the welds both on the inside and the outside

[m] RT and UT are volumetric while MT and PT are surface testing. When referenced in this table both volumetric and surface are necessary to the extent shown.

[n] NA means "type of joint not allowed" (see EN 13445-3:2009, Annex A).

[o] In case of cyclic loading refer to Annex G.2.

[p] Annex A of EN 13445-3:2009 gives design limitations on welds.

[q] Unless the design is such that the thickness at the weld exceeds 1,4 e_i (See clause 7.6.6 of EN 13445-3:2009). In which case, use NDT of line 2a.

[r] For connections with a knuckle, case 2a applies.

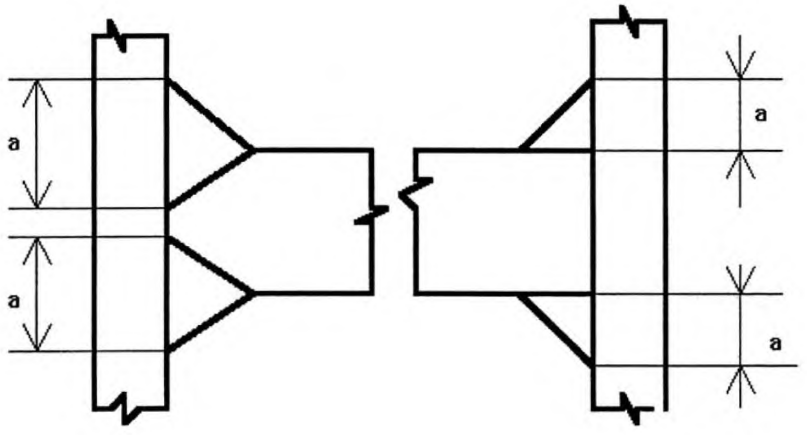


Figure 6.6.2-1 — Definition of "a" for types of weld 10 and 11

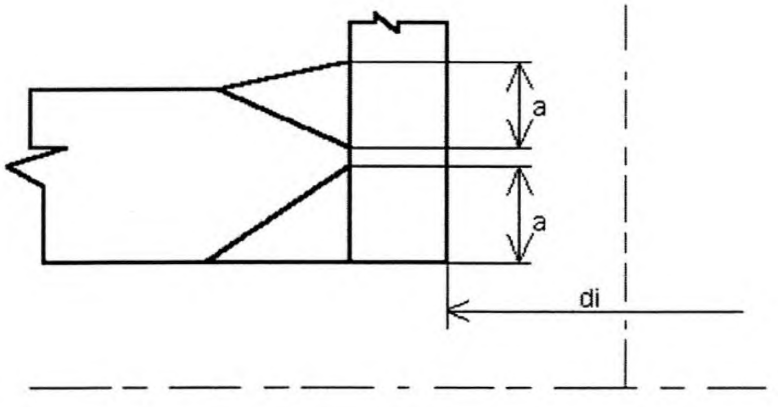


Figure 6.6.2-2 — Definition of "a" for types of weld 17, 18 and 19

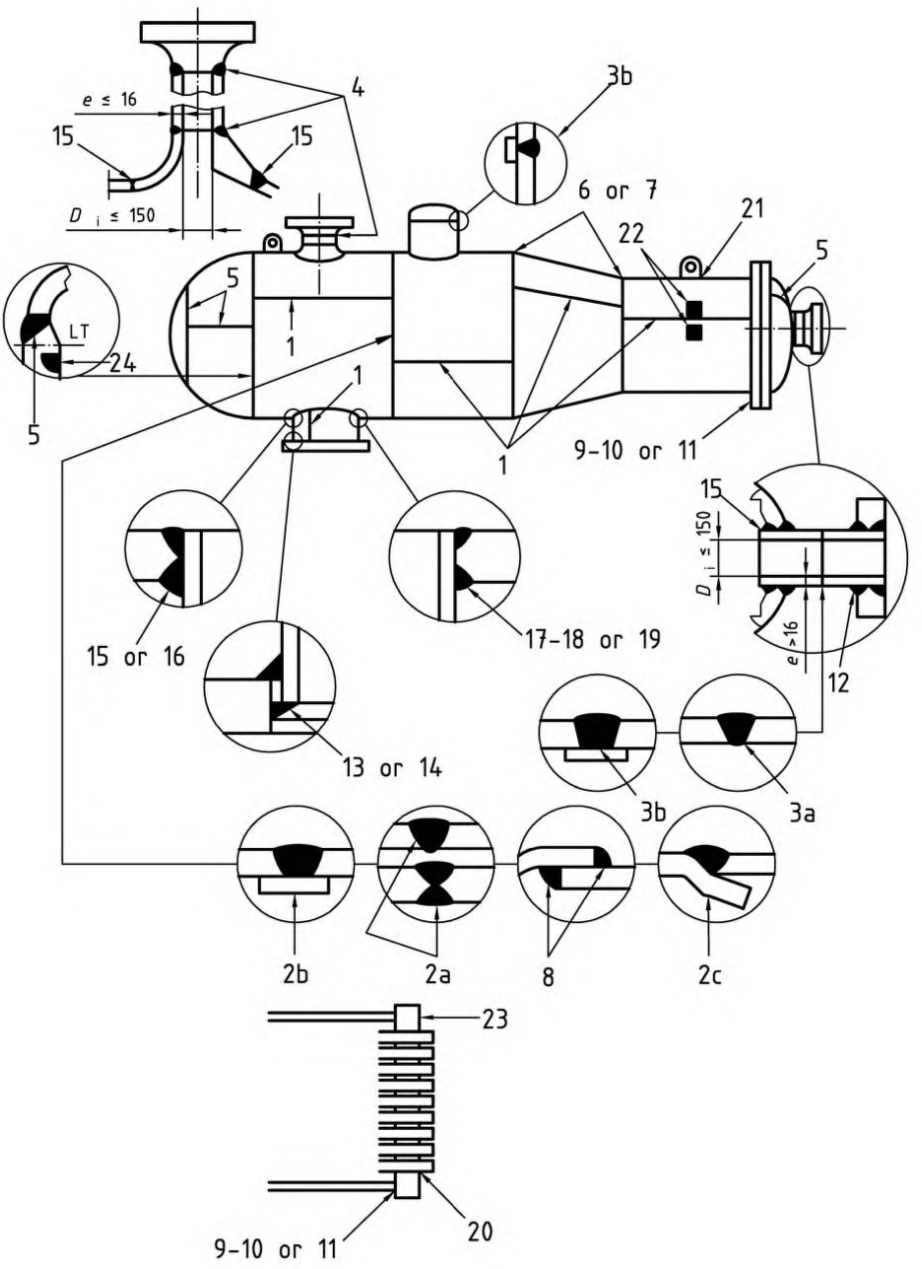


Figure 6.6.2-3 — Type of welds

6.6.3 Performing non-destructive testing

6.6.3.1 General

Visual inspection shall be carried out on all welds.

Non-destructive testing of welded joints for final acceptance purposes shall depend upon testing group of the joint.

6.6.3.2 Applicable non-destructive testing techniques

Table 6.6.3-1 shows the method, characterisation and acceptance criteria. This table is based on EN 12062:1997 and also on Quality level C of EN ISO 5817:2007.

Table 6.6.3-1 — NDT methods, techniques, characterisation, acceptance criteria

NDT Methods (abbreviations)	Techniques	Characterisation	Acceptance Criteria
Visual inspection (VT)	EN 970:1997	EN ISO 5817:2007 (surface imperfections)	EN ISO 5817:2007 (surface imperfections Acceptance level C) [c]
Radiography (RT)	EN 1435:1997 class B	EN 12517-1:2006 and additional Table 6.6.4-1	EN 12517-1:2006, Acceptance level 2, and Table 6.6.4-1
Ultrasonic Testing(UT)	EN 1714:1997 at least Class B [a]	EN 1713:1998 [b]	EN 1712:1997 Acceptance level 2 + no planar imperfections accepted
Penetrant Testing (PT)	EN 571-1:1997 + testing parameters of EN 1289:1998, Table A.1	EN 1289:1998	EN 1289:1998, Acceptance level 2X
Magnetic Particle Testing (MT)	EN 1290:1998 + testing parameters of EN 1291:1998, Table A.1	EN 1291:1998	EN 1291:1998, Acceptance level 2X

[a] For thickness > 100 mm, Class C or Class D is required.
[b] EN 1713:1998 is a recommendation only.
[c] Additional requirements for the following imperfections:
- stray arc (601) – removal plus 100 % MT or PT to ensure no imperfection;
- spatter (602) – weld spatter shall be removed from all pressure parts and load carrying attachment welds. Isolated non systematic spatter is permitted on components made of group 1 materials;
- torn surface (603), grinding mark (604), chipping mark (605) shall be ground to provide a smooth transition;
- underflushing (606) shall not be permitted. Any local underflushing shall be related to design characteristics (calculated thickness + corrosion allowance).

6.6.3.3 Selection of non-destructive testing methods for internal imperfections (full and partial penetration)

The choice as to whether radiographic or ultrasonic examination, or combinations, is used shall be as specified in Table 6.6.3-2.

Where two techniques are shown, the least preferred technique is shown between brackets.

Table 6.6.3-2 — Selection of non-destructive testing method [a] for detection of internal flaws in full penetration joints, in accordance with EN 12062:1997, Table 3

Material and type of joint	Parent material nominal thickness (*e* in millimetres)			
	$e \leq 8$	$8 < e \leq 40$	$40 < e \leq 100$	$e > 100$
Ferritic butt joints	RT	RT or UT or UT_D	UT [b] or UT_D or (RT)	UT_D [b]
Ferritic T-joints	UT_D or RT	UT or (RT) or UT_D	UT or (UT_D) or (RT)	UT_D
Austenitic stainless and austenitic ferritic (duplex) butt joints	RT	RT or (UT_D)	RT or UT_D [b]	UT_D [b]
Austenitic stainless and austenitic ferritic (duplex) T-joints	UT_D or RT	UT_D or RT	UT_D or RT	UT_D

[a] - RT and UT mean radiographic and ultrasonic testing in accordance with the standards mentioned in Table 6.6.2-1

- UT_D refers to Class D of EN 1714:1997 and may apply to all kinds of ultrasonic testing, like mechanised testing or use of twin crystal probes. It requires specific written procedures for testing parameters and acceptance criteria and shall meet quality level C of EN ISO 5817:2007.

[b] For $e \geq 60$ mm UT shall include examination for imperfections perpendicular to the surface in accordance with EN 583-4:2002.

The choice in Table 6.6.3-2 is based on the most suitable method to the relevant application in relation to the material type and thickness. It is possible that other important consideration such as joint geometry, sensitivity of the material to cracking in welding process, may have an overriding influence of method different from that in Table 6.6.3-2. The manufacturer shall record the basis for such a choice.

NOTE In exceptional cases or where the design or load bearing on the joint is critical, particularly for partial penetration joints, it can be necessary to employ both methods on the same joint or weld.

6.6.3.4 Selection of non-destructive testing methods for surface imperfections

For ferritic steels magnetic particle methods (MT) shall be used. For austenitic steels, liquid penetrant (PT) method shall be employed.

6.6.3.5 Surface condition and preparation for non-destructive testing

The surface condition necessary for performing all NDT shall be in accordance with the standard given in Table 6.6.3-1. Welded surfaces need not to be dressed unless the irregularities will interfere with application and/or interpretation. Special attention is necessary for vessels subject to cyclic loading, criteria are given in Annex G.

6.6.3.6 Schedule for non-destructive testing

A comprehensive schedule shall be prepared covering the non-destructive testing requirements for each vessel, identifying the stages of manufacture at which non-destructive testing is performed, the choice of method, the procedure to be used, acceptance criteria, and records to be made.

6.6.3.7 Qualification of non-destructive testing personnel

Non-destructive testing personnel shall be qualified and certified in accordance with EN 473:2008 except for visual inspection for which personnel shall be qualified but need not be certified. Non-destructive testing personnel shall hold an appropriate certificate of competence (e.g. personnel certification on non-destructive testing level 1, 2 or 3 as appropriate).

6.6.4 Description and acceptance level assessment of imperfections

6.6.4.1 Description

The terminology used to describe the imperfection shall be in accordance with EN ISO 6520-1:2007.

6.6.4.2 Acceptability criteria

The criteria used to assess the acceptability of imperfections shall be as presented in Tables 6.6.3-1 and 6.6.4-1.

6.6.5 Stage of performance

The non-destructive testing shall be carried out after completion of post-weld heat treatment (PWHT) but before the proof test in all testing groups.

Where a material is not sensitive to PWHT cracking e.g. material groups 1.1 and 8.1, NDT may be performed before PWHT.

All vessels shall be inspected during and after the manufacturing process to assure the quality of the finished welds. Such inspections include joint geometry, dimensional checking, alignment, etc.

In particular, testing group 4 vessels shall be inspected during fabrication both in the initial assembly and after preparation of the joint from the second side in double welded seams.

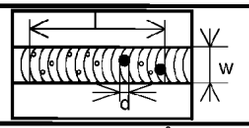
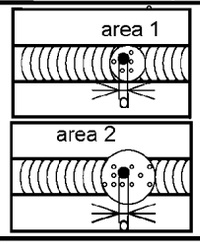
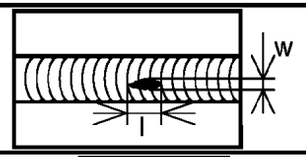
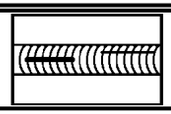
6.6.6 Procedure for non-destructive retesting

The locations selected under a) and b) of 6.6.2 shall be deemed to be representative of the welds inspected. An imperfection detected on the circumferential seam shall be considered as representing the condition of the whole circumferential seam. A defect detected on the longitudinal seam shall be considered as representing the condition of the whole longitudinal seam. An imperfection detected on a nozzle or branch shall be considered as representing the condition of the group of nozzles or branches. According to the defect type, retesting shall be as follows:

a) planar imperfections: if one or more planar imperfections are present in the samples examined, the total length of butt weld represented by the sample shall be tested by the same non-destructive testing method and assessed according to the appropriate acceptance criteria;

b) non planar imperfections: if the sample is free of planar defects but contains other non planar defects in excess of that permitted in the acceptance criteria, then two further random samples shall be non-destructively tested and the results assessed against the original criteria. Each of the further samples shall be at least the same length as the original. If these two further samples are acceptable, the original sample shall be repaired and reassessed using the same non-destructive testing technique. If one or both of further samples fail, then 100 % of the weld joint shall be tested.

Table 6.6.4-1 — Radiographic testing acceptance criteria

IDENTIFICATION OF IMPERFECTIONS				MAXIMUM PERMITTED
EN ISO 6520-1:2007 Group n°	imperfection reference n°	Type of imperfection [a]		Definition of maximum permitted
2	2012	Uniformly distributed porosity		Not permitted if the total projected surface of porosity exceeds 2% of the considered projected surface of weld ($l \cdot w$). (1% for critical areas of cyclic loaded vessels according to Annex G). Max. single porosity 0,4. e but not greater than 4 mm
	2013	Clustered (localized) porosity		Not permitted if the total projected surface of porosity exceeds 4% of the considered projected surface of weld, which is the greatest of the two following areas: - area 1: a circle with a diameter corresponding to the weld width; - area 2: an envelope surrounding all the pores
	202	Shrinkage cavity	see 2015	Not permitted
3	301	Slag inclusion		w = 0,3e maximum 3 mm l = e with a maximum of 50 mm (w = 0,2e maximum 2 mm and l = e with a maximum of 25 mm for critical areas of cyclic loaded vessels according to Annex G)
4	400	Lack of fusion and penetration		Not permitted if a full penetrated weld is required

[a] The followings symbols are used:
- d is the diameter of pore;
- e is the thickness of parent material;
- w is the width of the projected indication in millimetres;
- l is the length of the projected indication in millimetres.

6.6.7 Non-destructive testing documentation

All NDT shall be performed in accordance with written procedures and by qualified personnel, as specified in 6.6.3.7. In support of NDT activities written test reports shall be prepared in accordance with the standards referred to in Table 6.6.3-1.

The documentation described above should be sufficient to verify the scope of NDT performed and shall form part of the records described in clause 12.

6.7 Destructive testing

6.7.1 Extent of destructive testing

The level of destructive tests shall be in accordance with EN 13445-2:2009 and EN 13445-4:2009.

6.7.2 Schedule for destructive testing

The vessel manufacturer shall be responsible for preparing a comprehensive schedule covering the destructive testing requirements for each vessel or series of vessels, identifying the stages of manufacture at which the destructive testing is performed, the choice of tests, the testing procedure to be used, acceptance criteria and records required to be made.

6.7.3 Verification of destructive tests

The following activities shall be witnessed:

— identification/validation of test coupons;

— mechanical testing;

— preparation or certification of test reports.

6.7.4 Records

All documentation associated with destructive testing in accordance with this standard shall form part of the final documentation in accordance with clause 12 and shall be readily available.

6.8 Heat-treatment

Heat-treatments shall be performed in accordance with written procedures and verified by inspection. Such procedures shall describe the parameters critical to the heat-treatment process. The procedures shall cover the appropriate criteria depending on the heat treatment process. As a minimum this shall include where appropriate:

a) rate of heating;

b) hold or soak time and temperature;

c) rate of cooling;

d) heating medium and furnace type;

e) type and number of temperature measuring devices;

f) support of equipment (if applicable);

g) records and scope of information to be contained.

7 Subcontracted elements

7.1 General

The vessel manufacturer completing any work on a complete vessel or part of a vessel shall certify that any work done by others also complies with the requirements of this standard.

NOTE Some types of work which may be subcontracted by the vessel manufacturer and performed by other organizations would include:

a) design

b) cutting

c) forming

d) welding area activities,

e) heat treatment.

f) non-destructive testing.

For example of subcontractor's form, see EN 13445-4:2009, Annex B.

7.2 Subcontracted welding related activities

Subcontracted welding related activities shall be in accordance with EN 13445-4:2009.

7.3 Subcontracted non-destructive testing activities

7.3.1 Use of contract NDT personnel at the premises of the vessel manufacturer

The vessel manufacturer shall be responsible for assuring that NDT personnel, not in the full-time employ of the manufacturer, are trained, qualified and certified in accordance with EN 473:2008. Adequately documented records shall be provided so that the vessel manufacturer can verify the qualifications of personnel and such records shall be retained and made readily available.

All NDT shall be conducted against written procedures and the results documented and retained in accordance with the vessels manufacturers NDT requirements. The vessel manufacturer shall be responsible for assuring that all such procedures are fully implemented. The vessel manufacturer shall ensure that records are maintained which address the use of subcontracted personnel to the activities they undertake and shall have the authority to assign and remove NDT personnel at his discretion. The vessel manufacturer shall be responsible for retaining all records of work undertaken by subcontracted personnel in accordance with clause 12.

7.3.2 Subcontracting of NDT at a subcontractors premises

Any NDT which is performed at a subcontractors location shall be undertaken under the responsibility of the vessel manufacturer. All personnel used shall be trained, qualified and certified in accordance with EN 473:2008 and adequate records supporting their qualification shall be maintained by the vessel manufacturer. All procedures shall be documented and all test results shall be made available and all copies retained by the vessel manufacturer.

NOTE The vessel manufacturer shall ensure that those parties with responsibilities under the Conformity Assessment Procedures shall be given free access to the extent they consider necessary to fulfil their duties and obligations.

8 Miscellaneous tests

For guidelines on leak testing, see Annex D.

9 Calibration

9.1 General

All measurement and test equipment used for final acceptance of vessels shall be calibrated in accordance 9.2 to 9.4 and written procedures.

When used in this clause, calibration is an all encompassing term involving the use of procedures and testing equipment to determine the accuracy of equipment.

Certain types of equipment once initially calibrated may thereafter be validated. Examples of validated equipment are densitometers and welding equipment.

NOTE The equipment to be calibrated includes but is not limited to:

a) Tensile testing machines;

b) impact test machines;

c) hardness tester;

d) non-destructive testing equipment including densitometer and step wedge comparison films;

e) pressure gauges;

f) furnace and contact thermocouples;

g) time/temperature recorders;

h) dimensional measuring equipment;

i) welding equipment (see EN ISO 17662).

9.2 Calibration procedure

9.2.1 General

Procedures shall be prepared for each type of equipment showing:

a) the scope of activities and those responsible for conducting the calibration;

b) reference to the European Standards or National Standards, where not available secondary standards/gauges, if used;

c) calibration frequency;

d) acceptance criteria.

Wherever possible European or National Standards shall be used. When such standards do not exist the calibration method shall be approved as specified in the procedures.

9.2.2 Calibration

Calibration of measurement, testing and test equipment used on pressure vessels for final acceptance shall always be the responsibility of the vessel manufacturer.

With the exception of the special equipment specified in Table 9.2.2-1, the vessel manufacturer shall either perform the calibration itself or shall subcontract to a nationally accredited testing laboratory (NATL). The NATL shall provide certified records of calibration and has suitable reference standards whose accuracy is traceable to European/National Standards.

Table 9.2.2-1 — Calibration frequency and performance

Equipment	Frequency	Performance
Tensile Testing Machines and associated equipment	1 year	National accredited testing laboratory (NATL)
Charpy Impact Machine and associated measurement apparatus	1 year	NATL
Hardness Tester	1 year	NATL
Master pressure gauges	1 year	NATL

9.2.3 Frequency

The frequency of calibration of an equipment shall either be in accordance with Table 9.2.2-1 or in an applicable European/National standard or, if such does not exist and is not covered in Table 9.2.2-1, to the recommendations by the measuring equipment manufacturer.

9.3 Identification

All measuring, testing and test equipment shall be identified by marking the item or its container/box with a unique identification serial number.

In addition to its identification number the equipment should have a calibration sticker giving a visual identification as to its status.

9.4 Registration

9.4.1 All equipment within the calibration system shall be documented on a list which as a minimum shall show:

a) who is responsible for calibration, department, individual, subcontractor;

b) items identification serial number;

c) item location;

d) calibration procedure number.

9.4.2 Record shall be kept for individual items indicating:

a) calibration date;

b) its "as-found" condition or the "actual measured" condition;

c) identification of standard or master gauge used.

All records relating to calibration shall be available to the authorized inspection body.

10 Final assessment

10.1 General

Each completed pressure vessel designed and constructed to this standard shall be subject to a final assessment for compliance with the requirements of the approved construction drawings and this standard.

If due to internal elements (i.e. tube bundles, trays etc.) internal examination is not possible upon completion of the pressure vessel, then the vessel manufacturer shall have assured that those elements were subject to final examination prior to their assembly.

The final assessment consists of:

— a visual and dimensional inspection of the vessel;

— an examination of the documentation;

— a proof test;

— a post proof test examination;

— inspection of safety accessories.

Those performing the final assessment shall have access to all of the files/records as per clause 12 relevant to the pressure vessel under examination.

10.2 Extent of final assessment

10.2.1 Visual and dimensional inspection

The visual and dimensional inspection shall be performed following completion of all welding activities and post-weld heat treatments but before application of any coating, irrespective of type, and before the proof test. If the pressure vessel is to be partially or totally assembled on site, the vessel manufacturer shall determine elements which can receive protective coatings prior to dispatch to site.

Provisions shall be made to allow safe access to all areas of the pressure vessel in order to conduct this examination. Also provision of adequate lighting, calibrated measurement equipment and dimensional aids shall be assured to those performing the examination.

The scope of the visual and dimensional inspection shall include, but not be limited to, the following:

— check of compliance of construction with the approved vessel manufacturing drawings including dimensional requirements to the tolerances specified on the drawings and in this standard. Annex B provides a list of items that shall be given attention. The results of the dimensional examination ("as built condition") shall be documented on the certificate of dimensional report;

— check of the condition of a completed pressure vessel with particular attention to finished weld joints, nozzle connections and attachments in respect of weld profile, peaking measurement and general weld geometry in compliance with the approved manufacturing drawings and this standard;

— check of material markings for traceability of material against documented records;

— check of welders and NDT identification on the vessel against documentation, if applicable.

Any remedial actions resulting from this inspection shall be accomplished, re-examined and cleared prior to the proof test.

10.2.2 Review of documentation

The scope of the examination of documentation shall include, but not be limited to, the check of documents (e.g. tests certificates of the welding procedures approval, certificates of the welders approval, certificates for NDT personnel certification, production tests reports, NDT reports, postweld heat-treatments records, dimensional checking records, etc.).

The extent of the review and all deviations shall be reported. Any remedial actions resulting from this inspection shall be accomplished, re-inspected and cleared prior to the proof test.

10.2.3 Proof test

10.2.3.1 General

All vessels shall be subjected to a proof test to demonstrate the integrity of the finished product.

NOTE For category 1 (see the definition in the PED 97/23/EC and CR 13445-7) series-produced pressure equipment for which CE marking is sought, this test may be performed on a statistical basis, according to Annex A.

The proof test is part of the final assessment.

The hydrostatic pressure test shall be the standard proof test.

If this is not practical then it may be substituted by:

a) pneumatic test. Pneumatic testing is potentially a much more dangerous operation than hydrostatic testing. Therefore it is permitted to be carried out but only subject to the following conditions:

   — for vessels having such a design and construction that it is not practicable for them to be filled with liquid;

   — for vessels that are to be used in processes where even small traces of liquid cannot be tolerated;

   — following early consultation at the design stage.

b) combined hydrostatic/pneumatic test. In some cases it may be desirable to test a vessel when it is partly filled with liquid. This is as dangerous as the pneumatic test.

10.2.3.2 Basic requirements

10.2.3.2.1 The proof test shall be carried out under controlled conditions, with appropriate safety precautions and equipment, and in such a way that the persons responsible for the test are able to make inspections of all pressurized parts.

10.2.3.2.2 Where practicable the finished vessel shall be proof tested after all fabrication has been completed and all inspections have been performed. However, operations that influence the inspectability of the pressurized vessel, such as: painting, insulation, brickwork, rubber lining, leadlining, galvanizing, enamelling etc., shall be carried out following satisfactory completion of the proof test.

NOTE Alternatively, when a vessel is lined or coated by a process which could impair the integrity of the structure e.g. glass lining, it is permissible to reduce the proof test pressure after completion of lining to not less than 1,1 times the maximum allowable pressure P_s provided that the standard proof test has been applied before lining.

For coated or lined vessels which have jackets attached after the lining process (but not welded directly to the lined vessel) the jacket shall be subject to a proof test of $1{,}25 \cdot P_s$.

10.2.3.2.3 The pressure equipment shall be provided with the prescribed marking (e.g. nameplate) at the time when the proof test is performed at the latest, and when there are a number of pressurized compartments at the time when the final proof test is performed.

10.2.3.2.4 If it is not practicable, due to size or mode of manufacture, to proof test a complete vessel the test procedure to be followed shall be approved at the design stage.

10.2.3.2.5 If water is used as the test fluid, the quality of the water used shall be such as to prevent both corrosion and any residual impervious solids.

For stainless steel vessels in group 8 the following requirements apply:

— For vessels without access for cleaning or containing construction elements/joints which permit an ingress of water - water analysis shall be limited to maximum 1×10^{-6} chloride content;

— For vessels with access and which shall be cleaned immediately after the proof test - water analysis shall be limited to maximum 20×10^{-6} chloride content;

— For all vessels, a greater chloride content than in 1) or 2) is permissible, subject to documented technical justification in the hazard analysis.

NOTE Where other liquids are used additional precautions may be necessary depending on the nature of the liquid.

10.2.3.2.6 All temporary pipes and connections and blanking devices shall be designed to withstand the test pressure and shall not form a part of what is to be supplied with the vessel. Following the performance of the proof test, all pipes and connections and blanking devices shall be either removed at once or positively marked in order to prevent incorrect use. In case of bolted connections the bolts supplied shall be used and the tightening shall be uniform and to a degree no greater that necessary for sealing purposes.

10.2.3.2.7 Vessels which have been repaired during or following the pressure test shall again be subjected to the specified proof test after completion of the repair and any required post weld heat treatment (PWHT).

10.2.3.2.8 No vessel shall be subject to any form of shock loading such as hammer testing when undergoing proof testing.

10.2.3.2.9 All deviations from these basic requirements shall be approved at the design stage.

10.2.3.3 Standard hydrostatic test

10.2.3.3.1 For a single-compartment vessel[1)] subjected to internal pressure, working below the creep range, and designed according to testing group 1, 2 or 3, the test pressure, applied as internal pressure at the highest point of the chamber of the vessel for either horizontal or vertical test positions, shall be as specified in a). The modifications of the test pressure due to the hydrostatic pressure are specified in b).

1) The case of multi-compartment vessels is covered in 10.2.3.3.3

Special provisions are given in c) for single-run governing welds and in d) for complete vessels or parts of vessels working in the creep range.

a) The test pressure shall be determined by the greater of:

$$P_t = 1{,}25 \cdot P_d \frac{f_a}{f_{T_d}} \qquad (10.2.3.3.1\text{-}1)$$

or

$$P_t = 1{,}43 \cdot P_s \qquad (10.2.3.3.1\text{-}2)$$

where:

P_t is the test pressure measured at the highest point of the chamber of the vessel in the test position;

P_d and T_d are the coincident design pressure and design temperature values for the maximum pressure load case;

P_s is the maximum allowable pressure of the vessel;

f_a is the nominal design stress for normal operating load cases of the material of the part under consideration at the test temperature;

f_{T_d} is the nominal design stress for normal operating load cases of the material of the part under consideration at temperature T_d;

Since the ratio $\frac{f_a}{f_{T_d}}$ depends on the material of the part under consideration, the value $\frac{f_a}{f_{T_d}}$ to be used for calculation of P_t shall not be less than the smallest ratio obtained considering the different materials of the main pressure bearing parts (e.g. shells, ends, tubesheets of heat exchangers, tube bundles, main flanges but ignoring bolting associated to main flanges). Main pressure bearing parts do not include pressure rated standard flanges and bolting designed without calculation according to the rules of 11.4.2 of EN 13445-3:2009.

NOTE 1 The rules of 11.4.2 of EN 13445-3:2009 deal with the use of standard flanges without calculation.

P_t, P_s, f_a and f_{T_d} shall have consistent units.

The maximum pressure load case is that set of coincident design pressure and design temperature which gives the highest test pressure.

If the bolting associated with the main flanges is overstressed due to the test pressure, the test pressure may be reduced until the bolt stresses are acceptable.

The design of the vessel shall be such that in no part the test pressure exceeds the maximum permissible pressure for testing load cases defined in 5.3.2.3 of EN 13445-3:2009 according to the relevant design rules of EN 13445-3:2009. For Design By Formulae (DBF) and Design By Analysis (DBA) according to Annex C, the maximum permissible pressure is determined using the nominal design stress given in Table 6-1 for testing load cases. For DBA – Direct Route according to Annex B, the maximum permissible pressure is determined using the safety coefficients for testing load cases given in Tables B.8-3 and B.8-4.

NOTE 2 For testing load cases during final assessment the corrosion allowance may be ignored (but not for any in service test).

NOTE 3 The pressure test is not aimed to dimension the pressure vessel. However, possible increase of the thickness of tall vessels tested in the vertical position may be necessary to meet the criteria of EN 13445-3:2009.

b) For vessels with hydrostatic pressure during operation which exceeds 3% of the design pressure the test pressure shall be modified according to equation 10.2.3.3.1-3:

$$P_{t,mod} = P_t + (P_{hyd,ope} - P_{hyd,test}) \text{ but always: } P_{t,mod} \geq P_t \qquad (10.2.3.3.1\text{-}3)$$

where:

$P_{t,mod}$ is the modified test pressure

P_t is as determined in a)

$P_{hyd,ope}$ is the maximum hydrostatic pressure during operation

$P_{hyd,test}$ is the maximum hydrostatic pressure during hydrostatic test

NOTE This modified test pressure is decisive only when the hydrostatic pressure during operation is higher than the hydrostatic pressure during test. This is possible if the vessel in operation contains liquid with specific gravity higher than the specific gravity of the test medium or if a vertical vessel is tested in the horizontal position.

c) For vessels with single-run governing welds not made by fully mechanical welding (see Table 6.6.1-1) and inspected according to 6.6.2.3.2 a), the proof test pressure shall be as given in a) but replacing 1,25 by F_k in formula 10.2.3.3.1-1.

$$P_t = F_k \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{T_d}} \qquad (10.2.3.3.1\text{-}4)$$

The values of F_k are given by Table 10.2.3.3.1-1.

Table 10.2.3.3.1-1 — Value of F_k

Actual thickness of the shell e	F_k	**Corrosion allowance** c	**maximum shape deviations** h : peaking (measured after test) e_w : excess weld
$e \leq 4$ mm	2,1	$c \geq 1$ mm	$h + 0,5 \cdot e_w \leq 0,75 \cdot e_{min}$
		$c < 1$ mm	$h \leq 0,5 \cdot e_{min}$ $e_w \leq 0,75 \cdot e_{min}$
$e \leq 4$ mm	2,0	$c \geq 1$ mm	$h + 0,5 \cdot e_w \leq 0,5 \cdot e_{min}$
	2,1	$c < 1$ mm	$h \leq 0,5 \cdot e_{min}$ $e_w \leq 0,5 \cdot e_{min}$
$4 < e \leq 5$ mm	1,9	$c \geq 1$ mm	$h + 0,5 \cdot e_w \leq 0,5 \cdot e_{min}$
	2,1	$c < 1$ mm	$h \leq \frac{1}{3} \cdot e_{min}$ $e_w \leq 0,25 \cdot e_{min}$
$5 < e \leq 7$ mm	1,8	$c \geq 1$ mm	$h < \frac{1}{4} \cdot e_{min}$
	2,0	$c < 1$ mm	$e_w < 50\%$ of allowed value given in Table 6.6.3-1
$7 < e \leq 10$ mm	1,7	$c \geq 1$ mm	$h < \frac{1}{6} \cdot e_{min}$
	1,9	$c < 1$ mm	$e_w < 50\%$ of allowed value given in Table 6.6.3-1

In Table 10.2.3.3.1-1:

e_{min} is the minimum possible fabrication thickness, as defined in EN 13445-3:2009

h is the peaking after test, measured as defined in EN 13445-4:2009

e_w is the excess weld, as illustrated by h in number 1.9 of EN ISO 5817:2007

The circumferential membrane stress σ_c in the main seams with the actual or nominal thickness shall not exceed the nominal design stress f_{test} given in Table 6-1 of EN 13445-3:2009 for testing and exceptional load cases but shall be greater or equal to $0,85 \cdot f_{test}$.

During the hydrotest a value of 1 for the joint coefficient z defined in EN 13445-1:2009 shall be used.

It is acceptable to replace the actual or nominal thickness by e_{min} .

d) For complete vessels or parts of vessels working in the creep range, the test pressure shall be calculated as in a) above but with f_{T_d} replaced by f_{nc,T_d} the nominal design stress for normal operating load cases of the material of the part under consideration at design temperature T_d of the maximum pressure load case, using time-independent material characteristics.

If the required time-independent characteristics are not available in the materials standard at that temperature they may be determined as follows:

— For vessels designed to testing group 1c (see Table F.2-1): at the highest temperature for which time-independent characteristics are available in the materials standard;

— For vessels designed to testing group 3c (see Table F.2-1): using Annex S of EN 13445-3:2009;

— Alternatively time-dependent material characteristics can be taken.

From the three methods described above for determining the nominal design stresses for normal operating load cases, a consistent method shall be used for all parts.

NOTE 1 The level of the test pressure has no relevance to the safety of the vessel with respect to creep behaviour. It has been established to assure consistency with operation below the creep range.

NOTE 2 Use of the time-independent characteristics at the highest temperature for which they are available in the materials standard (when no such characteristics are available at T_d), gives a lower test pressure, but nevertheless provides adequate demonstration of strength in the context of testing group 1c.

NOTE 3 The nominal design stress values given in Annex S of EN 13445-3:2009 are based on a logical extrapolation into the creep range of the time-independent characteristics given in the materials standard below the creep range.

NOTE 4 Use of the time-dependent material characteristics gives a higher test pressure and therefore assures a conservative demonstration of strength.

10.2.3.3.2 For testing group 4 vessels the test pressure shall not be less than that determined by the following equations:

— For materials of the Group 1.1:

$$\text{if } c < 1\,\text{mm}$$

$$\text{and (measured peaking} + 0{,}5 \cdot \text{excess weld)} \le 0{,}5 \cdot e_{\min}$$

$$P_t = 2{,}2 \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{T_d}} \cdot \frac{e_{\min}}{e_{\min} - c} \qquad \text{(10.2.3.3.2-1)}$$

or

$$\text{if } c \ge 1\,\text{mm}$$

and (measured peaking + 0,5 excess weld) ≤ $0{,}75 \cdot e_{\min}$

and measured peaking ≤ $0{,}5 \cdot e_{\min}$

and measured excess weld ≤ $0{,}75 \cdot e_{\min}$

$$P_t = 2{,}0 \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{T_d}} \cdot \frac{e_{min}}{e_{min} - c} \qquad (10.2.3.3.2\text{-}2)$$

where

e_{min} is the minimum possible fabrication thickness of the section under consideration, as indicated on the drawings, see 5.2.3 of EN 13445-3:2009.

c is the corrosion allowance, as indicated on the drawings

For other symbols see 10.2.3.3.1.

The peaking may be measured after the hydrostatic test and the excessive weld may be measured after grinding if applied before the hydrostatic test.

— For materials of the Group 8.1:

$$P_t = 1{,}85 \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{T_d}} \qquad \textbf{(10.2.3.3.2-3)}$$

if (measured peaking + 0,5 excess weld) ≤ $0{,}5 \cdot e_{min}$ (10.2.3.3.2-4)

The applied test pressure shall include the amount of any static head acting in service and in testing at the point under consideration. However, the static pressure caused by the content of the vessel during service and/or testing does not need to be taken into account if it does not increase the stress in the wall by more than 5 %.

For vessels constructed using testing group 4, the maximum allowable stress in the test conditions (see EN 13445-3:2009, clause 6) shall not be exceeded. This may require an increase in the relevant thicknesses or dimensions (e.g. vessel wall thickness, flange, bolt diameter, etc.). In no circumstances, shall the hydrostatic test pressure be reduced from that specified above.

10.2.3.3.3 In the case of multi-compartment vessels each chamber, when designed as separate vessels, shall be tested independently with the appropriate standard test pressure without support from pressure in any adjoining chamber.

If the common elements are designed for a larger differential pressure than the design pressure of the adjacent chambers, the test pressure shall subject the common elements to at least their design differential pressure as well as meeting the requirements for each independent chamber.

For vessels with common dividing walls designed for the maximum differential pressure that can possibly occur during start up, operation and shutdown, and where the differential pressure is less than the higher pressure in the adjacent chambers, then the common elements shall be subjected to a test pressure calculated in accordance with 10.2.3.3.1 where P_d and T_d are the coincident design differential pressure and design temperature values for the maximum differential pressure load case. The test pressure of pressure equipment made of several communicating compartments shall be the lower bound of the test pressures of the various compartments.

10.2.3.3.4 For full or partial jacketed vessels, the inner vessel shall be subject to the maximum differential pressure caused by the vacuum in the adjacent chamber. An identical approach shall apply in determining the test pressure for the jacket.

Therefore the determination of the test pressure given by formulae (10.2.3.3.1-1) and (10.2.3.3.1-2) for full or partial vacuum is modified by replacing P_d by $(P_d + v)$ in formula (10.2.3.3.1-1) and P_s by $(P_s + v)$ in formula (10.2.3.3.1-2)

where

v = 0,1 (full vacuum);

$v \leq 0{,}1$ (partial vacuum);

v = 0 (no vacuum).

In the above formulae, the pressures are expressed in MPa.

For vessels of full or partial vacuum in ½ coil or ½ pipe or box channels designed to EN 13445-3:2009, as illustrated in figure 8.5-11 or 8.5-12, the external pressure caused by vacuum can be ignored when determining the test pressure.

Where it is reasonably practicable, single wall vessels subject to operation under vacuum conditions should be tested under vacuum or applied external pressure to simulate vacuum conditions.

The pressure whether resulting from external pressure or from vacuum should be 1,25 times the external design pressure, if possible, but in no case less than the external design pressure.

10.2.3.3.5 The temperature of the pressurization liquid shall satisfy all of the following requirements:

a) 5 K above solidification point;

b) 10 K below atmospheric boiling point;

c) and shall be of sufficient temperature that the risk of brittle fracture is avoided (See EN 13445-2:2009, Annex B).

Thick wall vessels shall not be pressurized until the metal temperature is approximately equal with the pressurisation medium. During the hydrostatic test the vessel external shall remain dry. If the toughness of the material or of the component imposes a limit on the test temperature according to annex B of EN 13445-2:2009 or on the rate at which the pressure is increased, account shall be taken of this and documented in the test data certificate.

10.2.3.3.6 Vents shall be provided at all high points of the vessel to purge possible air pockets while filling the vessel. There shall also be adequate venting before drainage to prevent collapse particularly in the case of large thin wall vessels. Attention shall be given to the support of the vessel during test to protect individuals from additional risk and the vessel from damage.

10.2.3.3.7 Glasses of sight glasses shall be submitted to an individual proof test at 2 times the design pressure prior to fitting them on to the vessel. During the proof test of the vessel, measures shall be taken to protect the personnel from bursting of the glasses e.g. protection covers.

10.2.3.3.8 Pressure of vessels under test shall be gradually increased to a value of approximately 50 % of the specified test pressure, thereafter the pressure shall be increased in stages of approximately 10 % of the specified test pressure until this is reached. The required test pressure shall be maintained for not less than 30 min. At no stage shall the vessel be approached for close examination until the pressure has been positively reduced by at least 10 % to a level lower than that previously attained. The pressure shall be maintained at the specified close examination level for a sufficient length of time to permit a visual inspection to be made of all surfaces and joints.

10.2.3.4 Pneumatic test

10.2.3.4.1

NOTE 1 Attention is drawn to national regulations, with respect to the hazard involved in proof testing using a compressible medium.

NOTE 2 Consideration may be given to the use of acoustic emission during the test, see Annex E.

Due to the hazard involved in proof testing using a compressible medium, special consideration shall be given to such factors as:

a) location of the vessel and its position relative to factors such as other buildings, plants, public roads, and areas open to public and all other equipment and structures in the vicinity of the vessel to be tested;

b) maintaining during the test the highest practicable standards of safety and ensuring that only personnel involved in the testing have access to the testing area, that if the testing is not performed in a special room the region in the immediate vicinity of the testing area is sealed off and warning signs used highlighting the danger zone and prohibited area;

c) resistance of the vessel materials to fast fracture and the absolute necessity of avoiding brittle fracture;

d) metal temperature at test shall be at least 25 °C above the impact temperature required in this standard for vessels which have not been previously subjected to a hydrostatic test at a pressure exceeding pneumatic test pressure. Attention is drawn to the fact that if the gas pressure is let down to the vessel under test from high pressure storage, its temperature will fall. Therefore the pressurising equipment shall be such that the temperature of the gas entering the vessel exceeds the minimum temperature indicated;

e) the extent of remote monitoring provided during the test.

10.2.3.4.2 The pneumatic test pressure shall be in accordance with 10.2.3.3.1. Vessels subjected to this pressure shall be located in an enclosed and restricted area, e.g. a special chamber (bunker) capable of withstanding the explosion or being properly anchored in a water basin and adequate measures taken to prevent parts from shooting away in case of explosion. Alternatively, when it is not practicable to test vessels as described above such vessels shall be proof tested after the following NDT. All governing welded joints are required to be 100 % RT or equivalent volumetric tested. All other welded joints shall be subjected to MT or PT, if they are not subjected to volumetric testing.

10.2.3.4.3 The pressure shall be gradually increased to a value of 50 % of the required test pressure. Thereafter the pressure shall be increased in steps of approximately 10 % of the required test pressure until this is reached. The pressure shall then be reduced to the inspection pressure P_i:

$$P_i = P_s \frac{f_a}{f_T} \qquad (10.2.3.4.3\text{-}1)$$

and held during the inspection of the vessel.

10.2.3.5 Combined hydrostatic/pneumatic test

10.2.3.5.1 The pneumatic pressure is applied above the liquid and at no point in the vessel shall the total pressure applied during test cause the general membrane stress to exceed value specified in EN 13445-3:2009. All requirements as detailed in 10.2.3.4 shall apply.

10.2.3.5.2 If during filling, pre-pressurizing, etc., strain measurements are to be performed values given in EN 13445-3:2009 shall not be exceeded.

10.2.3.6 Jacketed vessels

Where the inner vessel of a jacketed vessel is designed to operate at atmospheric pressure or under vacuum conditions, the test pressure need only apply to the jacket space. In such cases P_s shall be taken as the differential design pressure between the jacket and the inner vessel for the purpose of calculating test pressure in accordance with 10.2.3. 3 or 10.2.3.4.

10.2.3.7 Low pressure leak test

If a gas leak test is carried out before the hydrostatic or pneumatic acceptance test, the test pressure shall not exceed 10 % of the design pressure or 0,5 bar whichever is less. See also Annex D.

10.2.3.8 Test pressure in excess of 100 bar or metal/medium temperatures greater than 50 °C

In the case of proof tests using water with test pressures in excess of 100 bar, or in the case of hydrostatic pressure tests with the medium employed for the tests at temperatures greater than 50 °C, one of the following shall be observed:

a) the proof tests shall be performed in a room or in a section of a shop to which, during the course of the test, only the personnel involved in the testing have access; or

b) if a special room is not available, suitable safeguards shall be adopted e.g. the setting up of protective walls. The region in the immediate vicinity of the pressure vessel that is to be tested shall be sealed off, and warning signs shall be utilized to designate this region as a danger zone and prohibited area.

It shall be possible to determine the pressure that is indicated from a safe distance or from a safeguarded point.

Direct examination is permitted to be carried out only when the pressure vessel has been subjected to the test pressure for a period of 30 min and when, subsequently, in the case of hydrostatic pressure tests the pressure has been reduced to around the permissible service pressure.

10.2.3.9 Acceptance criteria

During the proof test the vessel shall show no signs of general plastic yielding. Local deformation which is identified by visual inspection and which is cause for concern shall be referred to the designer for reconciliation against the design specification. During the proof test no leaks are permitted from the pressure envelope.

10.2.3.10 Records

For each proof test a report shall be issued, and the following data shall be recorded:

— vessel manufacturer and identification of the pressure vessel;

— name of inspector and the responsible authority if applicable;

— test pressure;

— pressurization medium, if water is not used, and medium temperature;

— holding time of the test pressure;

— identification of test gauges;

— conclusions.

If a written test programme has been followed, reference shall be made to this programme.

10.2.3.11 Pressure gauges

When dial indicating and recording pressure gauge(s) are used, they shall have the dial graduated over a range of about double the intended maximum pressure, but in no case shall the range be less than 1,5 nor more than 4 times that pressure.

When components are to be proof tested, the indicating gauge(s) shall be connected to the component, or to the component from a remote location, with the gauge(s) readily visible to the operator controlling the pressure throughout the duration of pressurising, testing and de pressurising or venting of the component. For large vessels and systems when more than one gauge is specified, or required, a recording type gauge is recommended, and it is substituted for one of the indicating type gauges.

All indicating and recording type gauges used shall be calibrated against a standard dead weight tester, a calibrated master gauge or a mercury column, and re-calibrated at least once a year, unless specified differently by this standard. All gauges used shall provide results accurate to within the listed accuracy of the standard and shall be re-calibrated at any time that there is reason to believe they are in error.

For the possible case of a wrong indicating manometer the test pressure shall not be exceeded, e.g. monitored with a second calibrated manometer.

10.2.4 Post pressure test inspection

This is a visual inspection which shall be carried out after the pressure test and after the vessel has been drained and cleaned.

The inspection shall determine if there has been any deterioration resulting from the pressure test. The scope shall also cover the fitting, if applicable, of safety accessories, operation of quick release doors or similar devices and the application and accuracy of markings as required by clause 11 and the approved manufacturing drawings.

The application of surface coatings shall also be included in this inspection.

The extent of the inspections and all deviations shall be reported.

10.2.5 Inspection of safety accessories.

For assemblies the safety accessories shall be checked for full compliance with this standard.

11 Marking and declaration of compliance with the standard.

11.1 General

Equipment and accessories manufactured in accordance with all the requirements of this standard shall be marked with the number of this standard and year.

The required marking shall be located in a conspicuous place so that it will be accessible after installation.

11.2 Marking method

The marking shall be done:

— by direct stamping on the equipment;

— on a separate nameplate which shall be permanently attached to the equipment or accessory;

— on a pad, bracket or structure which is directly and permanently attached to the equipment or accessory.

11.2.1 Direct stamping

When the required marking is applied directly to the equipment or accessory, "low stress" stamps shall be used. The height of the characters shall not be less than 5 mm.

Direct stamping shall not be used on equipment manufactured of:

— steel plates less than 6 mm thick;

— quenched and tempered materials less than 12 mm thick;

— or as otherwise prohibited by this standard.

11.2.2 Nameplate

Nameplates shall be made of material suitable for the intended service and with a thickness sufficient to withstand distortion due to the application of the marking and be compatible with the method of attachment. The minimum thickness shall be not less than 1 mm.

Marking shall be done in characters not less than 5 mm high and shall be produced by casting, etching, embossing, debossing, stamping or engraving, including the identification of EN 13445.

The marking may be applied before the nameplate is affixed to the equipment providing the vessel manufacturer ensures that the nameplate is applied to the correct equipment.

The nameplate shall be attached in such a way that removal would require the wilful destruction of the nameplate or its attachment system.

The nameplate shall remain visible and legible for the lifetime of the vessel.

11.3 Marking units

The units of measurement used in marking or stamping the equipment and accessories shall follow the SI units. The unit "bar" for pressure shall be used.

11.4 Marking contents

The nameplate shall contain the following information. As a minimum the requirements of a) and b) below shall be fully marked. Depending on the type of equipment the requirements of c) shall be marked.

a) All equipment

1) Administrative information

— vessel manufacturer's name or symbol and address;

— reference to this standard, i.e. EN 13445, and applicable edition;

NOTE Marking of EN 13445 means that all applicable Parts have been applied.

— year of manufacture;

— type and series or batch identification and serial number identifying the equipment;

2) Technical data

— maximum allowable pressure *PS* in bar;

— maximum allowable temperature TS_{max} in °C

— minimum allowable temperature TS_{min} in °C;

b) Depending on type of equipment, supplementary information

— identification of fluids, including warning symbols if applicable;

— design pressure P_d in bar;

— design temperature T_d in °C;

— test pressure P_t in bar and date

— internal volume in L;

— safety accessories set pressure in bar;

— equipment output in kW;

— voltage supply in V;

— intended use;

— filling ratio in kg/L;

— maximum filling mass in kg;

— tare mass in kg;

— fluid group;

— removable parts made traceable to equipment of which they form a part.

c) where necessary, warnings fixed to the pressure equipment drawing attention to foreseeable misuse which experience has shown may occur.

11.5 Declaration of compliance with the standard

The written declaration of compliance with the standard shall be based upon the appropriate form in accordance with Annex H.

12 Records

12.1 Type of records

The records will vary depending on the type and complexity of the pressure vessel, however, to the extent applicable the following elements shall be covered:

— an index of the records for each pressure vessel against its serial identification number;

— technical specification of equipment;

- manufacturers analysis of hazard;
- the design and manufacturing schedule;
- design calculations and drawings (including a list of all drawings with revision status);
- design review, design approval (if applicable);
- model acceptance, type approval (if applicable);
- tabulated list of materials used in the pressure vessel;
- material certification including welding consumables;
- procedures for assuring material traceability;
- quality plans (if applicable) or testing schedule;
- forming procedures;
- data related to the preparation of component parts (e.g. forming, chamfering);
- lists of approved welding procedure specifications used and approved welders and/or welding operators;
- list of any subcontracted services or parts;
- results of production test coupons (if applicable);
- list of NDT procedures and qualified personnel used;
- NDT test reports (including radiographs);
- PWHT procedures and results (time/temperature charts);
- copies of non conformity reports, repair procedures;
- report of final examination and post pressure test examination;
- report of proof test;
- dimensional report (as built condition);
- record of marking and nameplate details (rubbing, photography or other);
- copy of written declaration of compliance with this standard;
- operating instructions in accordance with CEN/TS 764-6:2004.

12.2 Control and access of records

The above records shall be readily available to the relevant bodies, see CR 13445-7:2002, Annex C.

All documents shall be legible and fully identifiable with the pressure vessel concerned. The records shall be protected against deterioration and damage.

12.3 Retention of records

After completion of the pressure vessel, stamping and certification, the vessel manufacturer or his agent shall be responsible for the safe-keeping of all records for a minimum period of 10 years. During this period such records shall be readily available to the relevant National Authorities responsible for inspection during the lifetime of the equipment in service.

Prior to destroying the records, the vessel manufacturer shall offer the records to the user of the pressure vessel when such records are deemed essential by National Authorities performing in-service inspection or when required to be retained for the life of the pressure vessel. Alternatively, the vessel manufacturer and purchaser shall agree on the retention of records at order stage in which case no further contact after the 10 years is necessary.

13 Shipping

The vessel manufacturer shall be responsible for assuring that all necessary protections against damage or deterioration in transportation and/or storage are taken including provision of blanks, protective coatings, adequate supports, nitrogen purge etc.

Annex A
(normative)

Inspection and testing of serially produced pressure vessels Model acceptance

A.1 Introduction

Where the design, production, inspection and testing of a pressure vessel comply with this standard, the same procedure may be used to produce other items of the same model without repeated review of the design and manufacturing documentation. A written model acceptance, based on inspection and test results of the prototype, shall be available.

This annex describes the level of inspection and testing of serially produced pressure vessels in accordance with this standard to permit the reduced levels of NDT during serial production.

Users of this annex are cautioned that they shall satisfy all requirements of EN 13445-5:2009 unless specifically modified by this annex. This annex has specific requirements which includes the model limitation (A.3) and the availability of a model acceptance (A.5) which shall be met if they wish to implement the inspection and testing requirements (A.7 through A.8).

See 6.6.1 in case of Design by Analysis.

NOTE See clause 3 of this part for terms and definitions which are specifically relevant to serially produced pressure vessels of this annex.

A.2 Limitations for vessels permitted to be classified as serially produced

Pressure vessels serially produced under a model acceptance may be inspected and tested as described in A.7 providing the following limitations can be satisfied.

a) The design and construction of the vessels, except where otherwise specified in this annex, is limited to testing group 2b or 3b (Table 6.6.1-1) and material groups 1.1, 1.2 and 8.1 only.

b) The design pressure of the vessel does not exceed 30 bar and, the product of that pressure and the capacity of the vessel (P_sV) does not exceed 10 000 bar·L. The vessel diameter does not exceed 1,5 m, the nominal length (between tangents) does not exceed 3,5 m and the shell thickness does not exceed 16 mm.

c) All governing welded joints are welded by a fully mechanised or an automatic welding process.

d) Vessels identification numbers contain the suffix 'A' to denote that they have been manufactured in accordance with this annex and the standard.

e) The number of vessels shall be 10 or more.

f) A quality or manufacturing plan (A.6) shall be available.

A.3 Limitations for model

Vessels are considered of the same model if they comply with all the following:

a) in accordance with the same technical specification, with same working conditions and same method of support;

b) manufactured by same manufacturer using the same processes;

c) same geometrical form except for variations in nozzle position which do not affect the vessel design;

d) same material specification as indicated in the technical documents or the choice of material specification as limited by the technical documents and the relevant welding procedure qualification;

e) same weld materials/weld consumables as allowed by the welding procedure qualification;

f) variations in diameter and/or wall thickness to $\pm$ 10 % limited by the general membrane stress and by the range of the welding procedure qualification;

g) same length, diameter and wall thickness in the case of external pressure;

h) variation in the length, except those affecting the size of inspection openings or other design consideration, are permitted up to + 150 %;

i) nozzle apertures of the same type (i.e. nozzle orientation variations acceptable subject to these not affecting the design parameter);

j) same arrangement of tubeplate layout for boilers and heat exchangers;

k) same classification group of fluids.

A.4 Prototype test

The inspection and tests shall be conducted on each prototype vessel representing a single model acceptance.

A.5 Model acceptance

Where the prototype vessel satisfies the requirements of this standard, a model acceptance shall be issued. The model acceptance shall contain all necessary data for identification of the approved model, conclusions of the examination and a list of the relevant parts of the technical documentation.

All modification to the model acceptance shall be assessed to ensure that they do not affect compliance with this standard or prescribed conditions for use. The assessment shall be documented on an additional certificate traceable to the original model acceptance.

A.6 Quality or manufacturing plan

Before production commences, a detailed manufacturing or quality plan shall be prepared by the manufacturer. This plan shall indicate the inspection or sampling points and the frequency of testing. Provision shall be made within the plan for rejected or re-worked components to be re-inspected. The plan shall ensure the following:

a) The materials used in the manufacture of the vessels comply with the materials standards as specified;

b) All variables in the manufacturing procedures that affect the integrity of the vessel are specified, monitored and controlled;

c) The testing and inspection of the vessel is done at least at the frequency given in this standard, using appropriate test methods;

d) The inspection functions within the manufacturer's organisation are clearly prescribed.

A.7 Inspection, non-destructive testing and pressure testing

A.7.1 Introduction

Inspection of manufacturing activities shall generally be in accordance with 6.1 with the following additional requirements to reflect aspects which are geared to address pressure vessels produced serially.

The following paragraphs describe the requirements and alternative procedures permissible for determination of the levels of NDT in serial produced vessels.

The approach described in A.7.2 is a general procedure permissible for vessels to testing groups 2b and 3b.

The procedure described in A.7.3 is an alternative approach which is permissible only for series produced pressure vessels to testing group 3b.

A.7.2 General procedure for serial produced pressure vessels

A.7.2.1 First vessels in each series

The inspection and non-destructive testing of the first vessel in a series shall be as follows:

a) The whole length of all welds shall be 100 % tested by the methods specified in Table 6.6.3-2 and the acceptance criteria given in Table 6.6.3-1;

b) Final assessment including proof test in accordance with 10.2.

A.7.2.2 First vessels in each batch

a) At least 50 % of all welds shall be tested by the methods specified in table 6.6.3-2 and the acceptance criteria given in table 6.6.3-1;

b) Subsequent vessels in each batch. For all subsequent vessels in that batch, except as permitted in A.7.2.3, at least 20 % of all welds shall be assessed.

A.7.2.3 Reduced NDT on vessels in each batch based on satisfactory NDT results

Except as prohibited in A.7.2.4, and based on satisfactory NDT results of at least 10 vessels in a batch the requirements of A.7.2.2.b may be further reduced to:

a) Each longitudinal and circumferential weld joint shall be radiographed or ultrasonically tested once per vessel with a minimum length of 150 mm and with a minimum of 10 % of the finished welds per shift. This percentage shall include intersections of longitudinal and circumferential weld joints such that 10 % of the intersections per shift are examined;

b) At least 10 % of the length of attachment welds shall be tested using either magnetic particle or dye penetrant methods.

A.7.2.4 Provisions for further adjustments to the extent of NDT

A.7.2.4.1 Reduced NDT

When production is considered consistently satisfactory, reduction in the extent of NDT from 10 % to 5 % is permissible.

Production is considered consistently satisfactory when no more than 3 unacceptable imperfections were found in the immediate 25 vessels non-destructively tested from that same batch. Any unacceptable imperfections shall be repaired and re-examined in accordance with 6.6.6.

A.7.2.4.2 Increased NDT

a) The provisions of A.7.2.3 and A.7.2.4.1 shall be increased when more than 3 unacceptable imperfections are found in the previous 100 non-destructively tested vessels of the same batch.

   The extent of NDT shall be increased as follows:

   1) to 15 % if the inspection frequency was 10 %;

   2) to 10 % if the inspection frequency was 5 %.

   The level in A.7.2.4.2 shall be maintained until the number of unacceptable imperfections in an immediate batch of 25 vessels is less than 4.

b) If the number of unacceptable imperfections exceeds 10 in an immediate batch of 25 vessels, then following investigation and correction of the cause, production shall commence as a new batch as per A.7.2.2.

A.7.3 Alternative procedure for determining the level of NDT for serially produced pressure vessels, testing group 3b only

For serially produced vessels made from materials 1.1, 1.2 and 8.1, testing group 3b, with a weld efficiency of 0,85 the following alternative route may be used in lieu of A.7.2:

A.7.3.1 General level of NDT

Volumetric testing 100 % of the longitudinal welds from

— the first vessel at the beginning of each shift and the last vessel of each shift;

— in addition 100 % of the longitudinal welds of each 25th vessel.

Those vessels subject to volumetric testing of the longitudinal weld joint shall also be subject to 10 % volumetric examination of the circumferential welds and all T-joints. Where the circumferential weld joints are not made in the same numerical sequence as the longitudinal weld joints, then the circumferential volumetric testing shall be made of the first and the last circumferential weld joints of the shift and T-joints on the same vessels.

A.7.3.2 Provisions for further adjustments to levels of NDT

a) In the case of an unacceptable isolated imperfection the following shall apply:

   1) the defect has to be repaired and the weld seam re-tested 100 %;

2) welds of the same type in two additional vessels, one before and one after, shall be tested at 100 %;

3) In case of further unacceptable isolated imperfections, the amount of welds to be tested has to be doubled;

b) In the case of multiple defects the welds of this type of that shift shall be 100 % tested until the defects no longer occur. In addition the next vessel shall be tested for confirmation.

A.7.4 Pressure test for serially produced pressure vessels

Every vessel shall be pressure tested in accordance with 10.2.3 except for serially produced vessels of hazard category I which may be tested using a statistical basis in accordance with A.11:

A.8 Acceptance criteria

A.8.1 Isolated imperfections

If a defect is found during the partial non-destructive testing of a vessel, re-examination and repair shall be in accordance with 6.6.6. However, imperfections found in intersection regions of the vessel examined shall be regarded as representing the seam in which they are located.

A.8.2 Multiple imperfections

A.8.2.1 If a recurrence of unacceptable imperfections is found in that vessel seam when the whole of the seam is inspected, then the vessels produced immediately before and after it in the batch shall also have the same weld seams examined in accordance with 6.6.6 procedure for non-destructive testing.

A.8.2.2 If no unacceptable imperfections are found in the appropriate seams of those two vessels, no further special examinations shall be carried out.

A.8.2.3 If unacceptable imperfections are found in either of the preceding or following vessels, then further vessels in sequence shall be assessed in accordance with A.7.2 until a vessel with no unacceptable imperfections is found.

A.9 Marking

All vessels shall be inspected before dispatch to ensure that the marking conforms to clause 11. The vessels shall be marked "A" to denote that they have been manufactured in accordance with this annex.

Where some time elapses between pressure test and dispatch, e.g. stock vessels, assurance shall be made that no deterioration or damage has occurred in the interim period. Where a temporary nameplate has been attached it shall be assured that the permanent plate conforms in all respects to clause 11.

A.10 Documentation/Certification

A declaration of compliance with this standard shall be issued for each vessel. The declaration shall state clearly the serial number of the vessel covered. The reasons for any missing numbers in the series shall be clearly stated.

Records of manufacture described in clause 12 shall be retained.

A.11 Pressure testing using a statistical basis for serially produced vessels

Pressure testing on a statistical basis may only be carried out when all the following conditions are satisfied:

a) materials are limited to material groups 1.1, 1.2 and 8.1;

b) the main seam weld joints shall permit meaningful volumetric examination.

A.11.1 General level of NDT

All vessels shall be visually, magnetic particle and volumetrically tested for 100 % of all welds. The testing shall be carried out to the requirements of 6.6.3.

A.11.2 Fatigue

The vessel fatigue life shall not exceed 500 cycles.

A.11.3 Acceptance criteria

If unacceptable imperfections are found during the NDT, the vessel shall be removed from the series produced classification, and be repaired and inspected as an individual vessel, according to 6.6.6.

A.11.4 Statistical basis pressure testing

All pressure testing shall be carried out on the following basis:

— the first vessel at the beginning of each shift and the last vessel of each shift.

— each 5^{th} vessel, or a statistical selection plan which will give a 95 % confidence limit.

If one vessel fails the pressure test, all vessels in that batch will be pressure tested. If other vessels in this batch fail the pressure test, the whole of the immediately preceding and subsequent batches shall be pressure tested.

A.11.5 Marking

All vessels shall be inspected before dispatch to ensure that the marking conforms to clause 11. The vessels shall be marked TC 54 "A-S" to denote that they have been manufactured in accordance with this annex, but tested in accordance with the provisions of a statistical basis. The nameplate shall clearly state that a pressure test has not been carried out. It should also state the test pressure to be used for in service inspection.

Annex B
(normative)

Detailed dimensional requirements for pressure vessels

Particular attention shall be given to ensure that the following information is included for the various items to facilitate calculation and constructional assessment:

— dished ends: crown radius, inside corner radius, or ellipsoidal shape plus minimum thickness after forming and inside/outside diameter; forming method and heat treatment;

— shell barrel: thickness, diameter, linear alignment tolerance if applicable;

— flanges (including blind flanges): type, standard and rating or, if special: minimum thickness, drilling, inside and outside diameters, hub dimensions and facing details and weld details; additional NDT where cut from plate material;

— bolting: diameter, type of thread, length of bolt, number of bolts, tapping depth for studs and thickness of metal between bottom of stud holes and pressure retaining surface;

— gaskets: type, rating, material, thickness, inside and outside diameters and gasket seating data;

— nozzles: wall thickness (minimum), outside diameter, method of attachment to vessel, dimensions and projection into vessel; loads to be specified if applicable; location of openings to each other and main welded joints;

— welds: weld profiles and sizes plus dimensional details of the weld preparation e.g. gap, nose thickness, preparation angle;

— reinforcing plates for nozzles, supports, lifting lugs etc.: plate dimensions required including width x length x thickness and radius of corners including angle of support reinforcing plates, plus bleed hole details;

— tubeplates (heat exchangers): drilling arrangements of tubeholes, i.e. pattern, number of holes, dimensions of tubes (e.g. outside diameter and wall thickness), minimum thickness of plate, weld details;

— covers: dimensions including minimum thickness, drilling size of bolt holes and pitch circle diameter;

— conical sections: included angle of cone, radius of knuckle to shell (if applicable) ; diameter at large and small ends of cone, minimum thickness and straight length of cone;

— supports (horizontal vessel): number off, dimensions including number and thickness of webs and flanges, baseplate, foundation bolt, hole pitch and diameters ; distance from tangent line of dished ends to centre of supports, distance between supports and height of vessel centre line to support foot baseplate;

— supports (vertical vessel): skirt dimensions including diameter, height, thickness, method of attachment to shell, dished end ; if supports are used, number off thickness of webs, height, etc., base ring diameters, inside and outside, thickness, number and pitch of foundation bolt holes and diameter;

— lifting lugs: number off, thickness, hole size lifting angle, lug dimensions, location or lugs;

— flat plates: length, width and thickness including stiffener characteristics (cross section, number of, pitch, weld details), if fitted;

— bellows: spring rate, pressure, diameter, allowable axial, lateral and angular movements, allowable number of cycles;

— safety valves: number, size and set pressure and capacity ; specifications/code and approval; minimum flow area;

— internals: weld details (welds to vessel wall);

— tolerances: including special tolerances, if applicable;

— bursting disc: type including housing, rating.

Annex C
(normative)

Access and inspection openings, closing mechanisms and special locking elements

C.1 General

All vessels shall be provided with openings adequate in size and number to allow access for internal inspection and cleaning.

The number, size and location of inspection openings shall be in accordance with the requirements given in clauses 2 and 3.

If due to design considerations the dimensions of the heights of the openings are to be exceeded, the diameter of the openings is to be enlarged in order to hold the visible area the same.

The limits for the height of necks or rings given in subclause 2 may be exceeded if the internal dimensions are increased accordingly. Rings and necks of conical shape shall have an inclination of at least 15°; for inclinations less than 15° the limits for cylindrical shapes apply. Access and inspection openings of the type in which the internal pressure forces the cover plate against a flat gasket shall have a total clearance between the neck or ring and the spigot or recess of such covers not exceeding 3 mm, i.e. 1,5 mm all round, and the spigot depth shall be sufficient to trap the gasket.

C.2 Types and dimensions of access and inspection openings

C.2.1 Sightholes

Sightholes are openings with an inside diameter of at least 50 mm (large sightholes); sightholes with an inside diameter of 30 mm (small sightholes) can be accepted for small vessels. The flange height shall not exceed the diameter of the opening.

C.2.2 Handholes

A handhole for cleaning shall be not less than 80 mm x 100 mm or shall have an inside diameter of 100 mm.

A handhole for inspection shall be not less than 100 mm x 150 mm or shall have an inside diameter of 120 mm. The height of the neck or ring shall not exceed 65 mm, or 100 mm if the neck or ring is conical.

C.2.3 Headholes

Headholes are openings through which the head, an arm and a lamp can be introduced simultaneously. Headhole dimensions shall be not less than 220 mm x 320 mm or 320 mm inside diameter. The height of the neck or ring shall not exceed 100 mm or 120 mm in the case of a conical shape.

C.2.4 Manholes

Manholes are opening through which a person not carrying any auxiliary equipment can enter and leave the vessel. Manhole dimensions shall not be less than 320 mm x 420 mm or 420 mm inside diameter. The height of the neck or ring shall not exceed 150 mm, unless the minimum diameter is greater than 460 mm diameter or at least 460x410 mm oval.

C.2.5 Rescue holes

Rescue holes are holes permitting entry and exit of a person equipped with rescue and protective equipment. They shall be 600 mm in diameter. If it is not possible, due to design considerations, to achieve an opening of 600 mm, the size of a rescue hole can be reduced to not less than 500 mm provided the height of the neck does not exceed 250 mm. In this case, special equipment shall allow safe access inside the vessel.

C.3 Types, location and minimum number of access and inspection openings.

Inspection openings shall preferably allow an inspection of the longitudinal and circumferential seams from the inside of the vessel and especially high stressed and high risk areas.

High stressed areas are e.g. corner joints, knuckles and areas around larger openings.

Areas of high risk are e.g. the fluid sump or the bottom of the vessel, the area of the fluid level and areas at which corrosion or erosion might occur due to the experience.

The types, location and minimum number of inspection openings required for all vessels other than spherical vessels shall be in accordance with Table C.3-1, for spherical vessels in Table C.3-2. Additional inspection openings may be required if, due to the design, the access is not possible.

Detachable ends or covers, flanged connections from which piping, instruments, or similar attachments can be removed may replace all the other examination holes if, by their dimensions and position, a general view of the interior is provided which is at least equivalent to that obtained by the examination holes which otherwise would be required.

Table C.3-1 — Types and minimum number of access and inspection openings in vessels other than spherical vessels

Internal diameter D_i mm	Length of cylindrical section, L mm	Minimum number and type of openings
$D_i \leq 300$	$L \leq 1000$	1 small sighthole in each end.
	$L > 1000$	1 small sighthole in each end. The distance between the axis of sightholes and any part of seam to examine does not exceed 500 mm. If not, an additional large sighthole[a] shall be provided
$300 < D_i \leq 450$	$L \leq 1500$	2 large sightholes, one near or in each end, or 1 handhole[a] in the central third of the cylindrical section.
	$L > 1500$	1 handhole near each end of the cylindrical section[a] or in the ends. The distance between the axis of handholes and any part of seam to examine does not exceed 750 mm. If not, an additional handhole[a] shall be provided
$450 < D_i \leq 840$	$L \leq 1500$	1 large sighthole and 1 handhole, one near or in each end.
	$1500 < L \leq 3000$	1 headhole in the central third of the cylindrical section, or handholes as in the case $300 < D_i \leq 450$, $L > 1500$
	$L > 3000$	The number of inspection openings shall be increased such that the maximum distance between the axis of headhole and any part of weld to examine does not exceed 1500 mm(1000 mm for handholes). Handholes shall at least be located near each end of the cylindrical section or in each end.
$840 < D_i \leq 1200$	$L \leq 2000$	1 headhole in the central third of the cylindrical section, or 2 handholes, one near each end of the cylindrical section or in the ends, or 1 manhole.
	$L > 2000$	1 manhole, or headholes as in the case $D_i \leq 840$, $L > 3000$
$D_i > 1200$		1 manhole or 1 rescue hole if required
NOTE Requirements for rescue holes or manholes of different dimensions for special cases should come from the purchaser. Where other alternatives are provided for, the choice is at discretion of the manufacturer.		
[a] Sightholes and handholes have to be located such as to provide a view of the longitudinal seam		

Table C.3-2 — Types and minimum number of access and inspection openings in spherical vessels

Internal diameter D_i mm	Minimum number and type of openings
$D_i \leq 450$	2 large sightholes, or 1 handhole
$450 < D_i \leq 840$	1 handhole, or 1 headhole
$840 < D_i \leq 1200$	1 headhole, or 1 manhole
$D_i > 1200$	1 manhole or 1 rescue hole if required
NOTE Requirements for rescue holes or manholes of different dimensions for special cases should come from the purchaser. Where other alternatives are provided for, the choice is at discretion of the manufacturer	

C.4 Alternative requirements for sightholes openings on small vessels

For vessels with internal diameter lower than or equal to 300 mm the requirements of C.2 and C.3 and Table C.3-1 may be modified as follows:

a) The inside diameter of the sightholes shall be large enough to permit proper internal cleaning and shall not be less than: 19 mm for vessels with an internal diameter up to and including 300 mm;

b) If through these smaller sightholes the internal surface is not completly visible, then the visual inspection shall be supplemented by an additional inspection method which shall be detailed by the manufacturer in his instructions.

C.5 Closing mechanisms and special locking elements

C.5.1 Purpose

This clause deals with the requirements for all types of closures.

C.5.2 Definitions

C.5.2.1
opening and closing devices
parts of a vessel which can be removed for operation activities, for example: examination, draining or venting, filling or discharge

C.5.2.2
quick opening and closing devices
all types of opening and closing devices with a single control which can be opened and closed faster than those with several locking elements, each of which requires to be operated individually

C.5.3 Materials of construction, design

Opening and closing devices shall be designed and manufactured so that their tightness is ensured even under test pressure and that they cannot be opened inadvertently while under pressure.

Suitable materials shall be used from those permitted in EN 13445-2:2009 for all elements of opening and closing devices. Design requirements of EN 13445-3:2009 and manufacturing requirements of EN 13445-4:2009 shall apply.

In opening and closing devices with several locking elements, these parts shall be designed and machined so that under operating conditions the load is distributed evenly among them.

In determining the permissible pressure per unit area of opening and closing devices (e.g. cams on bayonet-type opening and closing devices), both the quality of the surface (i.e. machined) and the alignment of the bayonets (i.e. machined alignment) need to be taken into consideration.

For fully machined and aligned elements giving uniformity of load distribution 100 % of allowable permissible unit area may be used.

For those not fully machined the allowable permissible unit area shall not exceed 75 %.

For a possible weakening of the closing elements by wear or corrosion, calculated dimensions shall be increased by adequate allowances.

For opening and closing devices with more than 3 locking elements, the theoretical, i.e. calculated stress load acting on each locking element, shall be increased by at least 20 %.

If the contents of the vessel are explosive, flammable, toxic, oxidizing or corrosive, special measures of design shall be taken to ensure tightness of the opening and closing device. The cover shall be designed so that the gaskets cannot be pressed out. In the event of a leakage of a seal, provisions shall be made in design for safe venting or evacuation of the contents in order to minimise the consequences of the leakage.

Gaskets shall be closed rings, or packings with several hoops of material.

For internal covers to be fastened by means of a yoke and central bolting, the clearance relative to the edge of the hole shall not exceed the following values:

a) 3 mm for pressures ≤ 32 bar;

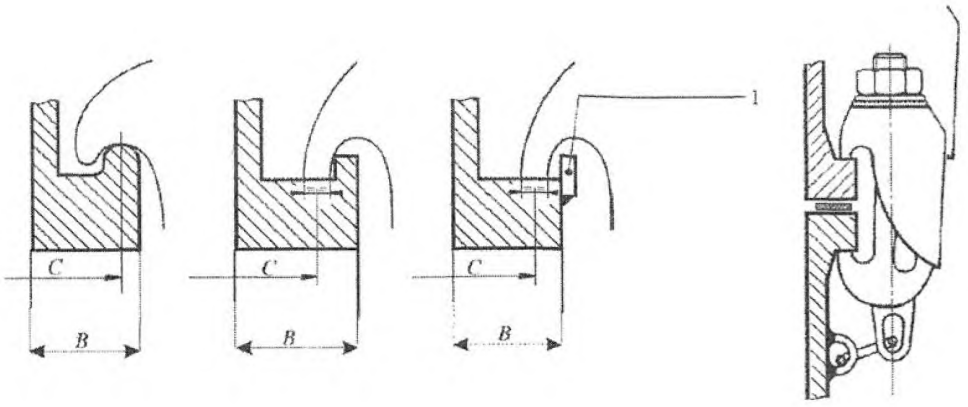
b) 2 mm for pressures > 32 bar.

C.5.4 Screw clamps

Screw clamps, see Figure C.5.4-1, shall be verified as suitable.

They shall be secured against slipping off, and they shall be attached to the vessel so that they cannot fall off when hinged down.

The number, size and quality of the screw clamps of each closure shall be indicated on the manufacturer name plate on the vessel.



Key

1: Hold ring

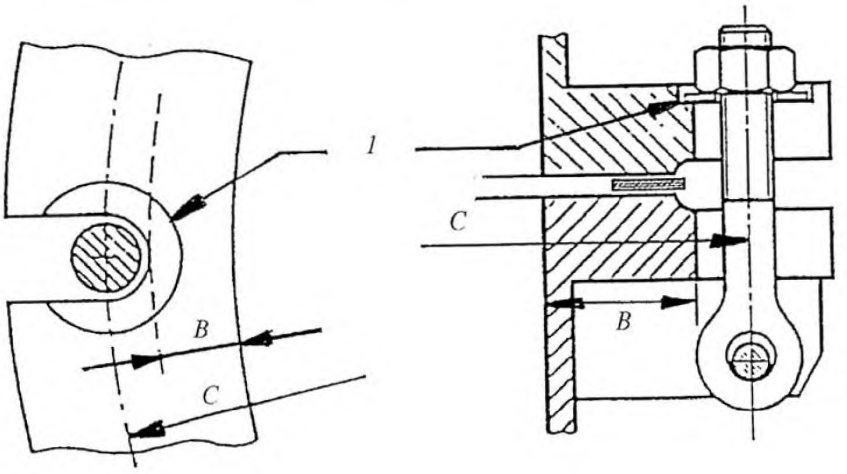
B: Flange width (mm)

C: Bolt circle diameter (mm)

Figure C.5.4-1 — Flanges assembled by screw clamps with typical examples of security against slipping off

C.5.5 Hinged bolts

Hinged bolts to be swung into slots (e.g. eyebolts) shall be secured against slipping off, see Figure C.5.5-1. Nuts and washers shall bear on the entire surface outside the slot.



Key

1: Security against sliding

B: Flange width (mm)

C: Bolt circle diameter (mm)

Figure C.5.5-1 — Flanges assembled by hinged bolts

C.5.6 Yoke-type closures

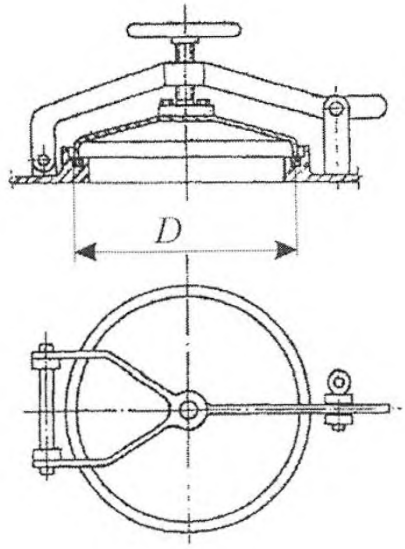
This type of closure, see Figure C.5.6-1, consists of an external cover which is hinged on one side and closed on the opposite side with one or several closing elements (e.g. tightening screws).

Yoke-type closures for external covers shall be designed so that when the tightening device is opened the cover is lifted off before the yoke can be removed.

The mean diameter of the gasket of a yoke-type closure shall not exceed

a) 500 mm for pressures ≤ 3,0 bar

b) 350 mm for pressures > 3,0 bar.



Key

D: Mean gasket diameter (mm)

Figure C.5.6-1 — Yoke-type closure

C.5.7 Quick opening and closing devices

C.5.7.1 General

The term "quick opening and closing devices" covers mainly:

— bayonet-type closures;

— central locking devices;

— ring-type closures;

— yoke-type closures for larger gasket diameters than defined in C.5.6;

— sliding door locks and the like.

Typical for the devices covered by this paragraph are opening and closing devices with the following features:

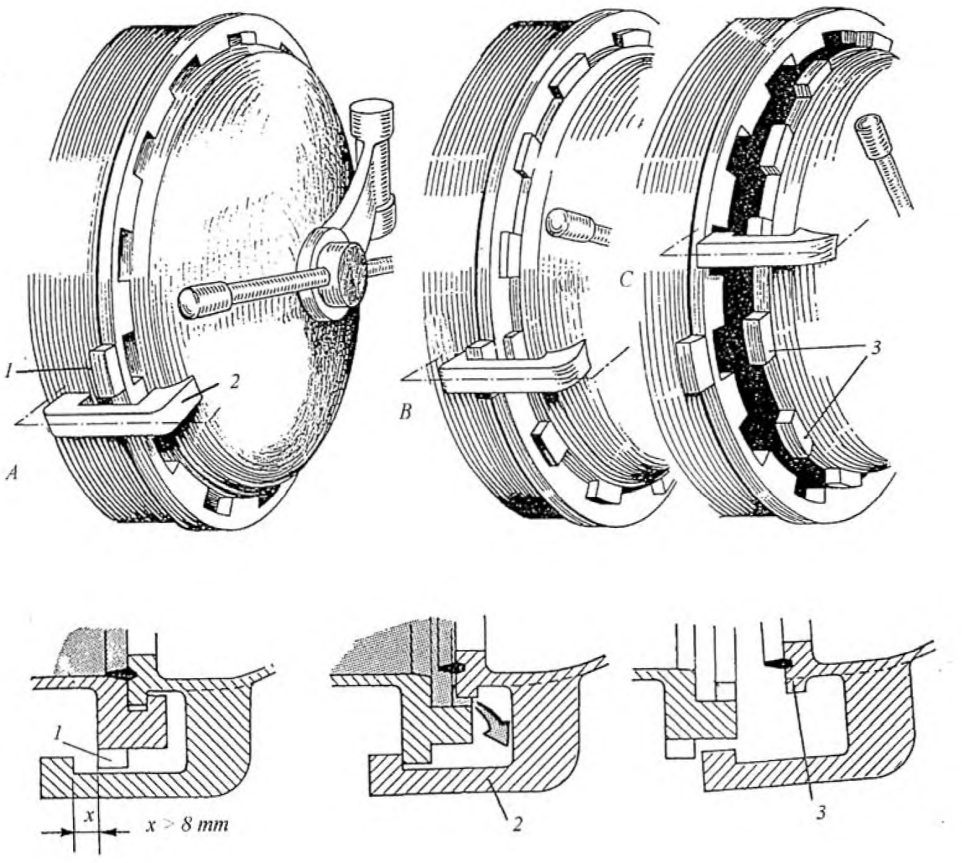
— power or manually operated;

— movements initiated by control impulses given manually or automatically,

— function which may be monitored automatically.

Opening and closing devices with more than one screwed connection do not fall within the scope of this paragraph.

An example of quick opening and closing device is shown in Figure C.5.7-1.



Key

A: Door closed, locking cams at final position.
B: Door kept closed by safety hook, decrease of residual pressure.
C: Opening of the door is possible, safety hook and locking cams are clear.
1: Safety hook
2: Blocking element
3: Locking cam

Figure C.5.7-1 — Typical example of quick opening and closing device

C.5.7.2 Design

In *manually operated* opening and closing devices, the cover or the door as well as the locking element are moved manually to the closing or locking position. Locking elements are e.g. bolts, latches, cams, rings and locking disks which, when engaged, will prevent that the door or cover can swing open.

In *power operated* opening and closing devices, the cover or door as well as any locking element are moved to closing or locking position by external energy. Power operated opening and closing devices do not need a special locking element if it is ensured by other means of design and construction - e.g. by suitable guiding devices - that the cover or door cannot swing open.

In opening and closing devices with several locking elements, these elements shall reach their final position positively and simultaneously.

C.5.7.3 Safety devices

C.5.7.3.1 General

Quick opening and closing devices shall be designed and arranged so that:

— their function cannot be impaired or rendered ineffective by the contents of the vessel;

— they are protected against fouling and against tampering by unauthorized persons;

— maintenance and function checks are possible at any time.

All moving parts which could cause an accident shall be so designed and/or safeguarded that persons will not be endangered.

Safety devices shall be provided on moving parts, such as:

— covers or guards on drives;

— contact stops on sliding doors;

— non-contact barriers;

— impulse contact controls on power operated doors and covers.

C.5.7.3.2 Prevention of pressurisation

Vessels fitted with quick opening access covers or doors shall be provided with devices which ensure that the vessel cannot be pressurised unless the access door is completely closed, the securing mechanism fully engaged and the initial load has been supplied to the sealing element.

In mechanisms with several interconnected locking elements, the element shall reach their final position positively and simultaneously.

Manually operated locking mechanisms shall be deemed to comply with this requirement if, after the closing operation, the cover or door is shut, the locking elements are in position and their final position is monitored.

Monitoring of the locking element can be achieved e.g. by:

a) pressure warning device (e.g. a small opening to the inside of the vessel) which can only be closed when the locking elements are in the locked position, or;

b) an interlocking device between the door locking mechanism and the pressurising system, or;

c) a limit switch(s), in the case of remotely controlled pressure inlet to the vessel or pressure venting valves.

Pressure warning devices dependent upon an opening shall have an internal diameter of at least 8 mm. Where there is a risk of blockage, it shall be possible to manually clear the blockage without endangering the operator.

For interlocking devices where pressure is applied from an external source, the interlock shall be situated between the door locking mechanism and the pressurising fluid inlet valve.

If pressure is raised by energy input into the vessel, the interlocking arrangements shall be between the door locking mechanism and the source of energy. Where pressure is applied by a pump, it shall not be possible for the pump to pressurise the system unless the door securing mechanism is fully engaged.

Power operated mechanisms shall be deemed to comply with this requirement if the closed position of the cover or door is monitored so that the vessel can only be pressurised when the cover or door is completely closed and the locking mechanism is fully engaged as specified by the manufacturer.

C.5.7.3.3 Depressurisation

Vessels fitted with quick opening access doors shall be provided with devices which ensure that the source of pressure is isolated and the vessel vented to reduce the internal pressure to atmospheric conditions before the closure or door securing mechanism can be disengaged.

The hazard analysis shall consider the effects of the vented fluid on the operator.

C.5.7.3.4 Residual pressure and temperature warning

Vessels fitted with quick opening access doors shall be provided with devices which:

a) warn the operator of any residual pressure, any remaining fluid which can leak out, and any process fluid at an unsafe temperature, and;

b) ensure that the temperature of the process fluid has been reduced to a safe level, or any toxic fluids that can leak out the vessel have been completely removed before the closure or door securing mechanism can be disengaged.

This may be achieved by providing indicators and warning devices as in which will not put the person carrying the test at risk.

Where the door seal is prone to sticking, devices shall be provided which either:

1) break the seal before all the locking elements are disengaged, or;

2) restrict the door opening to not more than 8 mm until a harmless residual pressure has been reached.

This requirement may also be achieved by instrument and control measures. In this case, the following requirements also apply:

I) the reduction of pressure down to a harmless level shall be monitored by at least two independent pressure sensors, and;

II) the signal to open the door or cover shall become active only when the pressure venting valve has reached its open position and the signal for equilibrium between internal and external pressure has been given.

If one of these signals is not interrupted during the next pressure cycle, the process shall be brought to a safe state, and,

a) in the case of electrical power failure or failure of a control medium (e.g. instrument air), all processes shall be interrupted or controlled so that persons will not be endangered, and;

b) if it is possible for the cover or door to swing open, then one of the devices described in C.5.7.3.5 shall be fitted.

NOTE A pressure is considered harmless if the forces generated on the door, by the pressure, are too small to cause injury to persons standing in front of it and if it opens in an uncontrolled manner.

Similarly, if a vessel contains other material, in containers or otherwise, in addition to the process fluid, the temperature of these too shall be monitored.

This can be achieved by using an interlock arrangement incorporating a temperature sensing device located in that part of the vessel or contents which is/are expected to remain at the highest temperature at the end of the process.

C.5.7.3.5 Door movement restriction

Vessels fitted with quick opening access doors shall be provided with devices which ensure that the closure does not open violently because of any residual pressure remaining in the vessel.

This can be achieved by fitting the cover or door with a safety device which ensures that:

a) the cover or door cannot swing open, or;

b) the opening process requires several consecutive manipulations or several manual turns so that the cover or door can only be opened when a harmless residual pressure has been reached.

Each power operated door shall be provided with at least one easily accessible and prominently placed shutdown device. These devices shall not be self-resetting. When any of these devices are operated:

a) any residual movement of the door shall not create a hazard, and;

b) all other components related to safety shall return to a safe condition, e.g. valves, seals etc., used to control the flow of fluids, and;

c) use of a special tool, key or code shall be required to reset the shutdown device, in order to restore the normal control system, and such resetting shall not cause a hazard.

C.5.7.3.6 Inflatable or pressure activated seals

The additional requirements set down below have been established for door closures with inflatable or pressure-activated seals.

a) gaskets utilising an auxiliary sealing pressure shall not be regarded as being part of the locking elements;

b) persons shall not be endangered during the build-up, release or unintended loss of the auxiliary sealing pressure;

c) gaskets shall only be pressurised when the locking element has reached its fully engaged position;

d) the valve allowing pressurised fluid to enter the vessel shall only be opened after the sealing pressure of the gasket has reached its design value;

e) during the door opening process, the signal "pressure venting valve open, vessel depressurised" (e.g. from the two pressure sensors) shall initiate the step "release auxiliary sealing pressure" before the cover or door is unlocked;

f) a device shall be fitted such that if the door seal pressure falls below the minimum pressure specified by the manufacturer, then:

   — entry of fluid into the vessel shall be prevented, and;

   — the operation shall abort and be brought to a safe state, and;

— a fault condition shall be indicated, and;

— the door shall remain closed, and;

— no hazard shall be caused.

C.5.7.4 Testing

The functions according the requirements of this standard shall be tested within the final test of the pressure vessel at the manufacturers. If it is not possible it shall be tested in the installed conditions of the pressure vessel before being put into service.

All quick opening and closing devices used in series production vessels shall be subject to a model acceptance procedure.

In the case of quick opening and closing devices not using a model acceptance procedure and used in one off vessels, they may be only used subject to a design review and functional test prior to operation.

C.5.7.5 Marking

Each device shall be marked with the following information:

a) Identification of the manufacturer,

b) Identification of the device,

c) Identification of limitation of operating parameters and temperatures.

C.5.7.6 Operating and maintenance instructions

The manufacturer shall compile, and hand over to the purchaser/user, operating and maintenance instructions for operating personnel.

These instructions shall contain at least the following information:

— The service/maintenance-intervals. These shall be specified and observed.

— That the user shall keep maintenance records.

— Checks of the closing mechanism with regard to deformations, wear, damage etc. and indications on the replacement of worn parts that may become necessary.

— That where necessary, the manufacturer shall prescribe measures and, if required, also tolerances. The replaceable parts subject to wear shall be clearly identified in the maintenance manual with their designation and materials specifications, to be in compliance with type examination or approval.

— That other materials may be used only after prior consultation with the manufacturer of the quick opening and closing device and after due consideration of the special operating conditions.

— That operating personnel shall be given adequate instructions and training for safe operations.

— That the operating instructions shall be set out in printed form and shall be available on the site where the vessel is operated.

Annex D
(informative)

Leak Testing

D.1 General

Criteria for the selection of a suitable leak testing method are given in EN 1779:1999. Bubble test is specified in EN 1593, helium test in EN 13185, and pressure change test in EN 13184.

Any low pressure leak test should be carried out prior to any hydrostatic pressure test.

D.2 Leak testing personnel

Personnel performing leak testing should be qualified in accordance with EN 473:2008.

Annex E
(informative)

Acoustic emission

E.1 General

The acoustic emission technology, as described in this annex, is not intended as a replacement of the mandatory testing and examination requirements but as a complementary measure for pneumatic test and combined hydrostatic/pneumatic test.

The method may be applied to pressure vessels of simple geometry, e.g. spheres and cylinders with dished or flat ends and should not be used for pressure vessels with discontinuities and pressure vessels with joggle joints and/or welds on backing strips.

E.2 Useful standards

The following standards apply to acoustic emission:

EN 1330-9 Non-destructive testing — Terminology — Part 9: terms used in Acoustic Emission testing

EN 13554 Non-destructive testing — Acoustic Emission — General principles

EN 13477-1 Non-destructive testing — Acoustic emission — Equipment characterisation — Part 1: equipment description

EN 13477-2 Non-destructive testing — Acoustic emission — Equipment characterisation — Part 2: verification of operating characteristics

EN 14584 Non-destructive testing — Acoustic Emission — Acoustic emission during proof testing

E.3 Acoustic emission personnel

Personnel performing acoustic emission should be qualified to EN 473:2008.

E.4 Additional requirements

The preparation, test performance and reporting should be performed according to EN 14584. The number of the sensors should be sufficient to achieve 100 % volumetric monitoring of the tested pressure equipment.

The pressurisation rate should not exceed 1 % of the maximum test pressure per minute.

The measurement should be continued also during the depressurisation till the pressure P_1 for the visual inspection of the pressure equipment is reached.

Table E.4-E.1 — Values of K (for the determination of the maximum allowed sensor spacing)

	Yield strength (MPa)	
	275 to 355	> 355
K-value	12 dB	6 dB

NOTE 1 For material groups 8, 9, 10 and 11 the *K*-values have to be specified within a written procedure (based on the data base or laboratory test).

NOTE 2 For repetition tests and the second loading of the pressure vessel the *K*-value should be increased by 6 dB.

Annex F
(normative)

Inspection and testing of pressure vessels or parts subject to creep

F.1 General

For vessels or vessel parts subject to creep, Quality Level B of EN ISO 5817:2007 is the reference quality level for maximum allowable imperfection in these areas. The absence of surface imperfections (no undercut, no root concavity and no lack of penetration) and the necessity of smooth transitions are essential. Similarly, shape imperfections, such as peaking, may be critical and the manufacturing tolerances specified in EN 13445-4:2009 shall be respected. In particular, the maximum peaking of EN 13445-4:2009 or the value permitted by the design methods of EN 13445-3:2009 shall not be exceeded.

Extent of Non-Destructive Testing (NDT) of this annex is based on the general requirements of testing sub-groups 1c and 3c, as defined in Table F.2-1.

If lifetime monitoring is a design option, any procedure for control and testing shall be part of the Instructions for use prepared by the manufacturer.

NOTE Supplementary tests may also be prescribed by the manufacturer. These tests will be specified in the Instructions for use.

F.2 Extent of inspection and testing

In addition to the requirements of 6.6.2, all areas subject to creep shall be inspected by NDT, according to the following Table F.2-1.

Table F.2-1 — Extent of non-destructive testing

TYPE OF WELD [a]			TESTING [b]	EXTENT FOR TESTING GROUP	
				1c	3c
				EXTENT FOR PARENT MATERIALS	
				1 to 10	1.1, 1.2, 8.1, 8.2, 9.1, 9.2, 10
Full penetration butt weld	1	Longitudinal joints	RT or UT MT or PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	2a	Circumferential joints on a shell	RT or UT MT or PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	3a	Circumferential joints on a nozzle di > 150 mm or e> 16 mm	RT or UT MT or PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	4	Circumferential joints on a nozzle $d_i \leq 150$ mm and e ≤ 16 mm	RT or UT MT or PT	25 % 100 %	25 % 25 %
	5	All welds in spheres, heads and hemispherical heads to shells	RT or UT MT or PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	6	Assembly of a conical shell with a cylindrical shell without a knuckle (large end of the cone) [p,q]	RT or UT MT or PT	100 % 100 %	25 % 100 %
	7	Assembly of a conical shell with a cylindrical shell without a knuckle (small end of the cone)	RT or UT MT or PT	100 % 25 %	25 % 25 %
Assembly of a flat head or a tubesheet, with a cylindrical shell Assembly of a flange or a collar with a shell	9	With full penetration	RT or UT MT or PT	100 % 100 %	25 % 25 %
Assembly of a flange or a collar with a nozzle	12	With full penetration	RT or UT MT or PT	100 % 25 %	25 % 25 %
Nozzle or branch [c]	15	With full penetration *di*> 150 mm or *e* > 16 mm	RT or UT MT or PT	100 % 100 %	25 % 25 %
	16	With full penetration *di* ≤ 150 mm and *e* ≤ 16 mm.	RT or UT MT or PT	100 % 100 %	25 % 25 %
Tube ends into tubesheet	20		MT or PT	100 %	25 %
Permanent attachments [d]	21	With full penetration	RT or UT MT or PT	25 % g 100 %	25 % 100 %
Pressure retaining areas after removal of temporary attachments	22		MT or PT	100 %	100 %
Cladding by welding [e]	23		MT or PT	100 %	100 %
Repairs	24		RT or UT MT or PT	100 % 100 %	100 % 100 %

[a] See Figure 6.6.2.3
[b] RT= Radiographic testing, UT = Ultrasonic testing, MT = Magnetic Particle testing, PT= Penetrant testing
[c] Percentage in the table refers to the aggregate weld length of all the nozzles see 6.6.2 b)
[d] No RT or UT for weld throat thickness ≤ 16 mm
[e] Volumetric testing if risks of underclad cracking due to parent material or heat treatment

F.3 Performance of NDT and acceptance criteria

Table F.3-1 shows the method, characterisation and acceptance criteria. This table is based on EN 12062:1997.

Table F.3-1 — NDT methods, techniques, characterisation, acceptance criteria for vessels and parts subject to creep

NDT Methods (abbreviations)	Techniques	Characterisation	Acceptance Criteria
Visual inspection (VT)	EN 970:1997	EN ISO 5817:2007 (surface imperfections)	EN ISO 5817:2007 (surface imperfections Acceptance level B) [c]
Radiography (RT)	EN 1435:1997 class B	EN 12517-1:2006 and additional Table 6.6.4-1	EN 12517-1:2006 Acceptance level 1 + Table 6.6.4-1
Ultrasonic Testing(UT)	EN 1714:1997 at least Class B[a]	EN 1713:1998 [b]	EN 1712:1997 Acceptance level 2 + no planar imperfections accepted
Penetrant Testing (PT)	EN 571-1:1997 + testing parameters of EN 1289:1998, Table A.1 - Acceptance level 1	EN 1289:1998	EN 1289:1998, Acceptance level 1
Magnetic Particle Testing (MT)	EN 1290:1998 + testing parameters of EN 1291:1998, Table A.1 - Acceptance level 1	EN 1291:1998	EN 1291:1998, Acceptance level 1

[a] For thickness > 100 mm, Class C or D is required.
[b] EN 1713:1998 is a recommendation only.
[c] Additional requirements for the following imperfections:
- stray arc (601) – removal plus 100 % MT or PT to ensure no imperfection;
- spatter (602) – weld spatter shall be removed from all pressure parts and load carrying attachment welds. Isolated non systematic spatter is permitted on components made of group 1 materials;
- torn surface (603), grinding mark (603), chipping mark (605) shall be ground to provide a smooth transition;
- underflushing (606) shall not be permitted. Any local underflushing shall be related to design characteristics (calculated thickness + corrosion allowance).

F.4 Records

In addition to the requirements of 12.3, for vessels or parts designed for creep, all NDT records shall be retained for the whole design life of the vessel.

Annex G
(normative)

Inspection and testing of pressure vessels subject to cyclic loads

G.1 General

To avoid fatigue damage in case of cyclic loading, more severe inspection and testing requirements are needed for critical areas of the pressure vessels, i.e. areas that can limit the lifetime of the vessel for $n_{eq} > 500$ full range or equivalent pressure cycles (See EN 13445-3:2009, Clause 17.2.16 or 18.10.5 for definition of critical areas).

To reflect this, Quality Level B of EN ISO 5817:2007 is the reference quality level for maximum allowable welds imperfections in these critical areas.

For cyclic loaded vessels the absence of surface imperfections (no undercut, no root concavity, no lack of penetration for full penetration welds) and the necessity of smooth transitions are essential. Only smooth transitions are allowed, see EN 13445-3:2009, Figure 18-7.

Similarly, shape imperfections such as peaking are absolutely critical and the maximum permissible peaking of EN 13445-4:2009, Clause 5.4.4 or the value permitted in the fatigue analysis of clauses 17 and 18 of EN 13445-3:2009 and referred to below, shall not be exceeded.

These testing requirements are in addition to the general vessel testing requirements based on the vessel testing groups 1, 2 or 3.

All critical areas shall be clearly designated in the design documentation, see EN 13445-3:2009 and Clause 5 of this Part.

G.2 Extent of inspection and testing

In addition to the requirements of 6.6.2, all critical areas shall be 100% inspected, visually and by NDT, for both surface and volumetric imperfections (6.6.3.3 and 6.6.3.4).

G.3 Performance and acceptance criteria

Table G.3-1 shows the method, characterisation and acceptance criteria. This table is based on EN 12062:1997.

Table G.3-1 — NDT methods, techniques, characterisation, acceptance criteria for critical areas of cyclic loaded components.

NDT Methods (abbreviations)	Techniques	Characterisation	Acceptance Criteria
Visual inspection (VT)	EN 970:1997	EN ISO 5817:2007 (surface imperfections)	EN ISO 5817:2007 [c] (surface imperfections Acceptance level B)
Radiography (RT)	EN 1435:1997 class B	EN 12517-1:2006 and additional Table 6.6.4-1	EN 12517-1:2006, Acceptance level 1 + Table 6.6.4-1
Ultrasonic Testing(UT)	EN 1714:1997 at least Class B[a]	EN 1713:1998 [b]	EN 1712:1997 Acceptance level 2 + no planar imperfections accepted
Penetrant Testing (PT)	EN 571-1:1997 + testing parameters of EN 1289:1998, Table A.1-Acceptance level 1	EN 1289:1998	EN 1289:1998, Acceptance level 1
Magnetic Particle Testing (MT)	EN 1290:1998 + testing parameters of EN 1291:1998, Table A.1 - Acceptance level 1	EN 1291:1998	EN 1291:1998, Acceptance level 1

[a] For thickness > 100 mm, Class C or D is required.
[b] EN 1713:1998 is a recommendation only.
[c] Additional requirements for the following imperfections:
- stray arc (601) – removal plus 100 % MT or PT to ensure no imperfection;
- spatter (602) – weld spatter shall be removed from all pressure parts and load carrying attachment welds. Isolated non systematic spatter is permitted on components made of group 1 materials;
- torn surface (603), grinding mark (604), chipping mark (605) shall be ground to provide a smooth transition;
- underflushing (606) shall not be permitted. Any local underflushing shall be related to design characteristics (calculated thickness + corrosion allowance).

G.4 Technical documentation, additional requirements

The supporting detailed construction drawings are required to clearly locate the critical areas identified in the design fatigue analysis. In addition, the maximum permissible peaking and other critical imperfections shall also be given in the drawings.

A test report shall prepared documenting the measured values of peaking and other critical imperfections identified on the drawings.

Annex H
(informative)

Declaration of compliance with this standard

MANUFACTURER'S DECLARATION OF COMPLIANCE FOR DESIGN, MANUFACTURE AND INSPECTION OF PRESSURE VESSEL	Document N°.....
Pressure vessel Description	Category Conformity assessment module used General arrangement drawing N° Year of manufacture
Volume (L) Maximum allowable pressure (bar) Maximum allowable temperature (°C) Minimum allowable temperature (°C) Contents Corrosion allowance (mm)	Safety valves Capacity Set pressure Date
DESIGN	
Responsible Authority	Name Address Identification number
Design approval	Number Date
Type approval certificate	Number Date

MANUFACTURE AND INSPECTION	
Responsible Authority	Name Address Identification number
Certificate	Number Date
QUALITY SYSTEM	
Responsible Authority	Name Address Identification number
System assessment certificate	Number Date
VERSION OF EN 13445 USED	
Year of issue: 2009	Latest amendment/issue included
The undersigned declares that the design, manufacture and inspection of this pressure vessel is in compliance with the requirements of EN 13445 Date : ..... Name :..... Position : Company stamp: Signature :	

Figure H.1 — Declaration of compliance by the manufacturer

Annex I
(informative)

Specific tests during construction to assist in-service inspection

I.1 General

This annex provides guidance on tests which may be made during fabrication to provide baseline data for inspection in service. It should be considered in conjunction with Annex M of EN 13445-3:2009.

I.2 Metallographic investigation

Metallographic investigation of welded joints and base material may be used to record the initial material structure and to be able to assess material ageing at future inspections. The following requirements apply:

— Replicas should be performed at the end of the fabrication process (after all heat treatments, welding, etc);

— Number and extent of replicas should be representative of the critical regions for creep damage, e.g. welds operating at high stress and temperature;

— Replica locations should include base material, HAZ and welded material. Areas of larger stress and temperature should be preferred;

— Replicas should be stored in a proper way and kept for the whole life of the vessel.

I.3 Hardness measurements

Hardness measurements of welded joints and base material may be used to record the initial material condition and to be able to assess material ageing at future inspections. The following requirements apply:

— Hardness measurements should be performed at the end of the fabrication process (after all heat treatments, welding, etc);

— Number and extent of hardness measurements should be representative of the size and complexity of the pressure vessel, and the critical zones for creep damage;

— Hardness records should be stored in a proper way and kept for the whole life of the vessel.

I.4 Dimensional measurements

High precision diameter measurements of creep designed components may be taken during fabrication to assess the evolution of creep deformation.

The precision on the measurement of diameter should be as follows:

— Diameter up to 100 mm 0,01 mm

— 100 < Diameter ≤ 500 mm 0,02 mm

— 500 < Diameter ≤ 1000 mm 0,05 mm

— Diameter > 1000 mm 0,1 mm

Measurements of circumference or other key dimensions may also be taken.

Annex Y
(informative)

Differences between EN 13445-5:2002 and EN 13445-5:2009

The 2009 edition of EN 13445-5 contains the 2002 edition of the standard and all Amendments and corrections issued in the meantime.

The most important changes include:

— Adaptation of the determination of the test pressure for the standard hydrostatic test:

  — conditions where a direct determination is possible;

  — methodology to determine the test pressure when a direct determination is not possible;

  — situations where the test pressure exceeds the maximum pressure for testing load cases of certain parts of the vessel. In case of reduction of the test pressure, then additional tests may be required.

— Addition of specific requirements for vessels (or vessels parts) subject to creep:

  — information in the Technical Documentation (Clause 5);

  — testing groups 1c and 3c (Clause 6 and Annex H);

  — determination of the test pressure (Clause 10);

  — specific tests during construction to assist in-service inspection (Annex I).

— Clarification of testing conditions of welded joints: normal joints for which current testing requirements of Table 6.6.2-1 apply and other joints such as single run welds from one side. For the latter, additional NDT is necessary. Alternatively this additional NDT may be replaced by a pressure test at higher pressure defined in 10.2.3.3.1.

— Specific provisions for vessels (or vessel parts) designed according to Design by analysis – direct route of Annex B of EN 13445-3:2009 or designed according to the alternative route for steels of Clause 6.3 of EN 13445-3:2009: only testing group 1 is permissible; Annex A (Serially produced pressure vessels) is not applicable.

Annex ZA
(informative)

Relationship between this European Standard and the Essential Requirements of the EU Pressure Equipment Directive 97/23/EC

This European Standard has been prepared under a mandate given to CEN by the European Commission and the European Free Trade Association to provide a means of conforming to Essential Requirements of the New Approach Pressure Equipment Directive 97/23/EC.

Once this standard is cited in the Official Journal of the European Union under that Directive and has been implemented as a national standard in at least one Member State, compliance with the clauses of this standard given in Table ZA.1 confers, within the limits of the scope of this standard, a presumption of conformity with the corresponding Essential Requirements of that Directive and associated EFTA regulations.

Table ZA.1 — Correspondence between this European Standard and Pressure Equipment Directive 97/23/EC

Clause(s)/subclause(s) of this EN	Essential Requirements (ERs) of Pressure Equipment Directive 97/23/EC	Qualifying remarks/Notes
4	3.1	Manufacturing procedures
5	3.3 b)	Technical documentation
6.2	3.1	Manufacturing procedures and construction drawings
6.3	3.1.5	Material traceability
6.4	3.1.1	Preparation of the component parts
6.5	3.1.2	Permanent joining
6.6, Annex A, Annex F, Annex G	3.1.3	Internal and surface defect
6.7	3.1	Destructive testing
6.8	3.1.4	Heat treatment
7	3.1	Manufacturing procedures
10	3.2	Final assessment
10.2.1, Annex A, Annex F, Annex G	3.2.1	Final inspection
10.2.2	3.2.1	Review of documentation
10.2.3	3.2.2	Proof test
11	3.3	Marking and labelling
12	3.3 b)	Documentation
Annex C	2.5	Draining and venting
C.2, C.3 and C.4	2.4 and 2.5	Means of examination
C.5	2.3	Provisions to ensure safe handling and operation
C.5	2.9	Provisions for filling and discharge

WARNING — Other requirements and other EU Directives may be applicable to the product(s) falling within the scope of this standard.

Bibliography

[1] EN 1593, *Non-destructive testing — Leak testing — Bubble emission techniques*

[2] EN 13184, *Non-destructive testing — Leak testing — Pressure change method*

[3] EN 13185, *Non-destructive testing — Leak testing — Tracer gas method*

[4] EN ISO 17662, *Welding — Calibration, verification and validation of equipment used for welding, including ancillary activities (ISO 17622:2005)*

Приложение Д.А
(справочное)

Перевод европейского стандарта EN 13445-5:2009 на русский язык

1 Область применения

Данная часть настоящего европейского стандарта определяет проверки и испытания сосудов, работающих под давлением, индивидуального и серийного производства, изготовленных из сталей в соответствии с EN 13445-2:2009, при условии преимущественно нециклической эксплуатации (например, сосуды, испытывающие в процессе эксплуатации менее 500 полных эквивалентных циклов изменения давления).

Особые положения относительно циклической эксплуатации приведены в EN 13445-3:2009 и в приложении G настоящего стандарта.

Особые положения для сосудов или частей сосудов, работающих в диапазоне ползучести, приведены в разделах 5, 6 и 10, приложениях H и I настоящего стандарта.

Примечание – Обязанности сторон, участвующих в процедурах оценки соответствия, приведены в Директиве 97/23/ЕС. Руководящие указания по этому вопросу можно найти в CR 13445-7.

2 Нормативные ссылки

Настоящий европейский стандарт включает в виде датированных или недатированных ссылок положения других публикаций. Эти нормативные ссылки приводятся в соответствующих местах текста, а публикации перечисляются ниже. В случае датированных ссылок последующие изменения или пересмотры любых из этих публикаций применяются к данному европейскому стандарту, только если они включены в него путем изменения или пересмотра. В случае недатированных ссылок действует последнее издание публикации, на которую сделана ссылка (включая изменения и дополнения).

EN 287-1:2004, EN 287-1:2004/A2:2005 Квалификационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали

EN 473:2008 Неразрушающий контроль. Квалификация и сертификация персонала по неразрушающему контролю. Общие принципы

EN 571-1:1997 Контроль неразрушающий. Капиллярный контроль. Часть 1. Общие принципы

CEN/TS 764-6:2004 Оборудование, работающее под давлением. Часть 6. Структура и содержание инструкций по эксплуатации

EN 583-4:2002, EN 583-4:2002/A1:2003 Неразрушающий контроль. Ультразвуковой метод. Часть 4. Контроль неоднородностей перпендикулярно поверхности

EN 895:1995 Разрушающий контроль сварных соединений металлических материалов. Поперечное испытание на растяжение

EN 970:1997 Неразрушающий контроль сварных соединений. Визуальный контроль

EN 1289:1998, EN 1289:1998/A1:2002, EN 1289:1998/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Контроль сварных соединений проникающими жидкостями. Границы допустимости

EN 1290:1998, EN 1290:1998/A1:2002, EN 1290:1998/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Магнитопорошковый метод

EN 1291:1998, EN 1291:1998/A1:2002, EN 1291:1998/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Магнитопорошковый метод. Границы допустимости

EN 1418:1997 Персонал сварочного производства. Испытания квалификационные операторов сварочных машин для сварки плавлением и машин для контактной сварки при проведении полностью механизированной и автоматизированной сварки металлических материалов

EN 1435:1997, EN 1435:1997/A1:2002, EN 1435:1997/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Радиографический контроль сварных соединений, выполненных сваркой плавлением

EN 1712:1997, EN 1712:1997/A1:2002, EN 1712:1997/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Ультразвуковой метод. Границы допустимости

EN 1713:1998, EN 1713:1998/A1:2002, EN 1713:1998/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Ультразвуковой метод. Классификация дефектов сварных швов

EN 1714:1997, EN 1714:1997/A1:2002, EN 1714:1997/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Ультразвуковой метод

EN 1779:1999, EN 1779:1999/A1:2003 Контроль неразрушающий. Испытание на утечку. Критерии выбора метода и способа контроля

EN 12062:1997, EN 12062:1997/A1:2202, EN 12062:1997/A2:2003 Контроль неразрушающий сварных соединений. Общие требования для металлов

EN 12517-1:2006 Контроль неразрушающий сварных швов. Радиографический метод. Границы допустимости

EN 13445-1:2009 Сосуды, работающие под давлением, без огневого подвода теплоты. Часть 1. Общие положения

EN 13445-2:2009 Сосуды, работающие под давлением, без огневого подвода теплоты. Часть 2. Материалы

EN 13445-3:2009 Сосуды, работающие под давлением, без огневого подвода теплоты. Часть 3. Проектирование

EN 13445-4:2009 Сосуды, работающие под давлением, без огневого подвода теплоты. Часть 4. Изготовление

EN ISO 4063:2000 Сварка и смежные процессы. Номенклатура процессов и ссылочных номеров (ISO 4063:1998)

EN ISO 5817:2007 Сварка. Стыковые швы при сварке плавлением сталей, никеля, титана и их сплавов (кроме лучевой сварки). Уровни качества в зависимости от дефектов шва (ИСО 5817:2003)

EN ISO 6520-1:2007 Классификация геометрических параметров дефектов в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением (ISO 6520-1:2007)

3 Термины и определения

В настоящем европейском стандарте применяют следующие термины и определения:

3.1 оценка проекта (design review): Процедура, посредством которой изготовитель устанавливает и подтверждает соответствие проекта требованиям настоящего стандарта.

3.2 утверждение проекта (design approval): Процедура, посредством которой ответственный орган устанавливает и подтверждает соответствие проекта требованиям настоящего стандарта.

3.3 группа испытаний (testing group): Группа, которая определяет соответствующий уровень неразрушающего контроля (НК) сварного шва.

Примечание – Имеются четыре группы испытаний.

3.4 контроль (inspection): Исследовательская деятельность, позволяющая оценить соответствие сосуда, работающего под давлением, техническим условиям.

Примечание – Это масштабная деятельность, осуществляемая в основном производителем во время проектирования, изготовления и испытания оборудования. Она может быть дополнена контролем другими сторонами. Контроль включает оценку испытательной деятельности.

3.5 испытания (testing): Процедура, используемая для подтверждения соответствия сосуда техническим требованиям настоящего стандарта посредством одного или более испытаний.

3.6 техническая спецификация (technical specification): Технические данные, включаемые в заказ или обязательные для сосудов, работающих под давлением и охватывающих такие элементы, как правила и требования конкретного пользователя.

3.7 ремонт (repair): Процесс устранения состоянии либо в основном материале, либо в сварном шве в целях обеспечения соблюдения настоящего стандарта.

Примечание – Следующие определения полностью относятся к серийно производимым сосудам, работающим под давлением, как описано в приложении А.

3.8 серийное производство (serial production): Изготовление одинаковых сосудов или деталей, которые впоследствии соединяются для получения полного сосуда и которые изготавливаются по единой отвержденной модели с использованием одинакового производственного процесса, включающего непрерывный процесс изготовления.

3.9 непрерывный процесс изготовления (continuous fabrication process): Процесс, в котором сварка основных сварных швов и торцовых сварных соединений в основном происходит непрерывно.

Примечание – Остановки или поломки, требующие переналадки сварочных агрегатов и/или оборудования НК, составляют нарушение непрерывности. Регулировки сварочного агрегата в рамках ограничений технологии сварки не считаются переналадкой сварочного агрегата.

3.10 приемка модели (model acceptance): Процедура, которая устанавливает и подтверждает то, что репрезентативная выборка продукции (прототип сосуда/детали) соответствует требованиям настоящего стандарта в отношении проектирования, изготовления и испытаний.

Примечание – Приемка модели проводится изготовителем или ответственным органом в зависимости от выбранного модуля оценки соответствия.

3.11 прототип сосуда/детали (prototype vessel/part): Первый или репрезентативный пример серии сосудов, работающих под давлением/частей, охваченных приемкой модели.

3.12 партия сосудов (batch of vessels): Часть серии, у которой сварка основных сварных соединений и торцовых сварных соединений выполнена в основном непрерывно.

Примечание – Перерыв в производстве сосудов больше трех дней подряд требует обозначения новой партии.

3.13 смена (shift): Период времени в сутках, в течение которого оператор или операторы сварки остаются прежними.

4 Выполнение контроля и испытаний

4.1 Общие положения

Каждый отдельный сосуд должен проходить контроль в ходе сооружения и по его завершении. Контроль выполняется в целях обеспечения соответствия конструкции, материалов, производства и испытаний во всех отношениях требованиям настоящего стандарта. Должно быть подготовлено документальное подтверждение для проверки выполнения данного требования.

4.2 Контроль

Контроль осуществляется изготовителем для проверки соблюдения всех требований настоящего стандарта. Уровень неразрушающего контроля (НК) должен зависеть от группы испытаний, как описано в 4.3.

4.3 Неразрушающий контроль (НК)

Тип и объем неразрушающего контроля сосуда, работающего под давлением, должны основываться на группе испытаний или сочетании групп испытаний, когда это допускается в 6.6.1.1.2 (см. таблицы 6.6.1-1 и 6.6.2-1).

5 Техническая документация

5.1 Общие положения

Изготовитель сосуда должен задокументировать элементы, перечисленные в 5.2, которые должны быть рассмотрены в соответствии с 5.3 до начала изготовления.

Изготовитель должен указать, какие сосуды охвачены одинаковой проектной документацией.

5.2 Информация, которая должна содержаться в технической документации

Для целей настоящего стандарта следующие виды документов считаются необходимой технической документацией.

5.2.1 Общее описание сосуда, работающего под давлением

a) Название изготовителя сосуда и субподрядчиков, если применимо.

b) Местоположение/я изготовителя сосуда и субподрядчиков, если это применимо.

c) Документ с описанием проектных данных и особенностей, который охватывает.

1) максимальное и минимальное допустимое давление, расчетное давление и испытательное давление в барах для каждой камеры (вакуум со знаком «минус»);

2) вместимость в литрах каждой камеры;

3) максимальную и минимальную расчетную температуру;

4) характер и местоположение маркировки сосуда, работающего под давлением, таблички с паспортными данными или штампа;

5) группу жидкости;

6) если сосуд предназначен для усталости в соответствии с разделом 17 или 18 EN 13445-3:2009:

– учитываемые циклические нагрузки;

– допустимое количество циклов;

– соответствующие места усталости;

7) использованный метод конструирования, например если сосуд полностью или частично сконструирован по методу Design by Analysis – Direct Route согласно приложению B EN 13445-3:2009 или сконструирован в соответствии с пунктом 6.3 EN 13445-3:2009;

8) Если сосуд работает в диапазоне ползучести, следующую дополнительную информацию:

– расчетный срок службы (например, 100 000 ч) и ожидаемый срок службы для каждого случая нагрузки;

– детали сосуда, которые подвержены ползучести;

– значение коэффициента снижения сопротивления ползучести шва, использованное для каждого сварного соединения, подверженного ползучести;

– применяется или не применяется контроль в течение срока службы, как определено в разделе 19 EN 13445-3:2009.

5.2.2 Концептуальные конструкторские и сборочные чертежи

Выполняемый производителем анализ опасностей с выявлением тех, которые применимы к сосудам, работающим под давлением, вследствие воздействия давления, должен быть задокументирован и быть достаточно подробным.

Должна быть предоставлена подробная информация о концептуальном проекте, включая принятые методы разработки, критерии эффективности и сборочные чертежи. Руководство о подробных размерных данных, которые должны быть предоставлены, приведено в приложении B. Также должны содержаться технологические схемы, узлы или другие данные, имеющие отношение к концептуальному проекту.

5.2.3 Описания и пояснения, необходимые для понимания чертежей и диаграмм и эксплуатации сосуда, работающего под давлением

a) Инструкции по эксплуатации.

b) Специальные проверки, которые должны проводиться, например испытания на запорных элементах, сильфонах, зажимных болтах и т. д.

c) Рабочее положение, если оно имеет значение для оценки безопасности.

5.2.4 Результаты выполненных проектных расчетов и исследований

5.2.4.1 Проектные расчеты должны быть обеспечены изготовителем сосуда в степени, необходимой для проверки соответствия настоящему стандарту.

Должны быть подготовлены вспомогательные подробные чертежи со всеми нанесенными условными обозначениями размеров. На чертежах должны быть четко определены критические области в случае циклически нагружаемых сосудов. На чертеже также должен быть приведен максимально допустимый пик для циклически нагружаемых сосудов. На общем компоновочном чертеже сосуда, работающего под давлением, должны быть четко идентифицированы группы испытания для каждого сварного соединения.

5.2.4.2 Если в целях обеспечения соответствия настоящему стандарту расчеты выполнены с помощью компьютера, то должны быть представлены следующие данные:

a) объяснение условных обозначений;

b) входные величины;

c) шифр стандарта, включая издание, и шифр уравнения;

d) результаты промежуточных уравнений;

e) расчетная минимальная толщина без добавлений или расчетное напряжение и его сравнение с допустимым напряжением;

f) допуск на потери (коррозию);

g) допуск по толщине (отрицательный допуск по толщине);

h) выбранная толщина.

5.2.4.3 В случае, если расчет напряжений проводится методом конечных элементов или иными методами проектирования, они должны быть указаны следующим образом:

a) входные данные;

b) форма графика для графопостроителя (оригинал и копия);

1) подразделение элементов;

2) напряжения, например, в виде линии, или стрелок, или кривых равных напряжений, кривые напряжений поверхностей;

3) смещения;

c) граничные условия;

d) напряжения в наиболее критических областях;

e) деление и классификация напряжения по различным категориям напряжений;

f) сравнение интенсивности напряжений и допустимых значений напряжения.

5.2.4.4 В особых случаях требуется привести следующие сведения:

a) тип термообработки после сварки и, где необходимо, тип и степень связанных материалов;

b) график последовательности сооружения, если испытания конструкции будут проводиться за несколько частичных шагов;

c) содержащая(ие)ся жидкость (и) и ее (их) удельный вес, если это необходимо для проектирования сосуда;

d) среда для испытаний давлением, если первоначальные или периодические испытания давлением должны проводиться в иной среде, чем вода, минимальная температура испытания металла для контрольных испытаний (как гидростатических, так и пневматических);

e) положение сосуда в испытаниях давлением (например, горизонтальное или вертикальное), если это имеет значение для оценки безопасности;

f) максимальный и минимальный уровни жидкости, если это требуется для оценки безопасности;

g) дополнительные статические силы, например воспринимаемые, ветровые и снеговые нагрузки. Должен быть представлен дополнительный расчет, если дополнительные силы существенно влияют на конструкцию сосуда, работающего под давлением;

h) циклические и динамические нагрузки, включая сейсмические нагрузки, где это применимо;

i) дополнительные требования на основании иных правил;

j) требования покупателя, основанные на условиях эксплуатации сосуда, в дополнение к требованиям настоящего стандарта;

k) возможное коррозионное воздействие, особенно в трещинах, которое должно быть принято во внимание;

l) коэффициент соединения.

5.2.5 Протоколы испытаний

Протоколы испытаний должны состоять как минимум из следующего:

a) записей об аттестации сварочных работ, сертификата аттестации персонала сварочных работ;

b) сертификатов на материал;

c) примера предлагаемого перечня протоколов производства;

d) значений измеренных пиков для сосудов, подвергающихся циклическим нагрузкам.

5.2.6 Технический/производственный график

Он должен включать следующую информацию:

a) сварочные процессы, которые будут использоваться для деталей, работающих под давлением, и сварки любых временных или прочих приспособлений для деталей, работающих под давлением. Следующие данные необходимы для испытаний конструкции:

1) местоположение сварного шва, формы и подготовка и при необходимости наращивание слоев и обработка сварных швов;

2) способ сварки (в случае нескольких способов – идентификация способа для конкретного сварного соединения);

3) присадочный материал (классификация согласно соответствующим европейским стандартам или торговые наименования);

4) тип и объем заводского испытания, количество пластин для испытаний, неразрушающие испытания.

Если некоторые из вышеперечисленных данных недоступны для оценки проекта, они должны быть выполнены до окончания производства;

b) специальные проверки, которые должны проводиться, например предполагаемые испытания на запорных элементах, сильфонах, зажимных болтах;

c) любые соответствующие сведения относительно проектирования сосуда и данные, необходимые в особых случаях;

1) дополнительная толщина стенок, если этого требует покупатель;

2) рабочее положение, если оно имеет значение для оценки безопасности;

3) расположение и размер смотровых отверстий и отверстий для доступа, а также закрывающие механизмы и специальные фиксирующие элементы в соответствии с приложением C;

4) специальное оборудование для входа в сосуд, работающий под давлением (например, винтовые лестницы, кошки);

5) прокладки, например, каменная кладка и вкладыши, если это имеет значение для оценки безопасности;

6) маркировка сварных швов, которая будет выполнена на строительной площадке;

7) предложения по вопросам безопасности;
8) предложения по требованиям к процессу, таким как дренаж и т. д.

5.3 Оценка проекта

5.3.1 Общие положения

Оценка проекта и задокументированная приемка должны проводиться во всех случаях.

В частности, в оценку включаются проектные расчеты в соответствии с требованиями настоящего стандарта с учетом вспомогательной информации об анализе опасностей, выполненном изготовителем, а также технический/производственный график в отношении его предполагаемых услуг. После разработки сосуд, работающий под давлением, должен быть изготовлен в соответствии с утвержденными технологическими чертежами.

5.3.2 Оценка проекта

Оценка проекта включает, помимо прочего, следующие области:

a) пригодность материала для предполагаемого использования;

b) способы сварки и присадочный материал;

c) доступ для выполнения требуемых уровней проверок и испытаний на основе предлагаемой геометрии конструкции сосуда;

d) пригодность отверстий и запорных устройств для удовлетворения требований настоящего стандарта;

e) предоставление защитных приспособлений и их адекватность требованиям настоящего стандарта для отдельных сосудов, работающих под давлением, или устройств, которые содержатся в системе или узле, работающих под давлением. В качестве альтернативы должны быть идентифицированы стороны, ответственные за обеспечение наличия приспособлений безопасности;

f) адекватность предлагаемой границы удержания давления (толщина, геометрия сосуда, геометрия сварного соединения и т. д.) расчетным режимам в отношении тех, которые требуются согласно проектным требованиям настоящего стандарта;

g) адекватность метода анализа напряжений в соответствии с 5.2.4.3;

h) методы изготовления и процедуры.

6 Контроль и испытания во время изготовления

6.1 Общие положения

Действия по контролю и испытаниям во время изготовления, описанные в данном подразделе, являются ответственностью изготовителя и выполняются в полном объеме для всех сосудов, работающих под давлением.

6.2 Технологические процессы и сборочные чертежи

Производитель обеспечивает наличие всех сборочных чертежей и технологических процессов, рассмотренных и утвержденных на стадии проектирования в разделе 5, на соответствующей рабочей площадке и их полную реализацию в процессе изготовления. Протоколы контроля должны документировать использование правильных и соответствующих процессов и/или чертежей, в том числе статус пересмотра на момент выполнения контроля.

6.3 Прослеживаемость материала

6.3.1 Общие положения

Изготовитель сосуда должен иметь и поддерживать систему идентификации материалов, используемых в изготовлении так, чтобы можно было проследить происхождение всех материалов, подверженных напряжению вследствие давления, и материалов, входящих в состав сварных соединений в выполненном сосуде. Это включает в себя использование присадочного материала. Используемая система идентификации должна удовлетворять требованиям EN 13445-4:2009.

Испытания прослеживаемости материала, включая перенос маркировки, должны выполняться во время изготовления, и должны поддерживаться записи, документирующие используемый метод из числа разрешенных EN 13445-4:2009 (т. е. прямая маркировка, видная на завершенном сосуде, прямая кодированная маркировка на сосуде или таблица/исполнительные схемы). Окончательные записи должны включать всю сертификацию материалов, требуемую согласно настоящему стандарту.

6.3.2 Особые условия – маркировка материала

Если условия эксплуатации не допускают тиснения штампом для идентификации материалов (см. EN 13445-4:2009) и когда это указано в заказе на закупку, изготовитель основного материала отмечает необходимые данные на материале таким образом, который позволит положительную идентификацию в ходе контроля по факту поставки. Маркировки должны быть зарегистрированы так, чтобы каждый элемент материала был положительно идентифицирован в его местоположении на завершенном сосуде (например, список материалов/позиций) и составлял часть окончательного протокола.

6.4 Подготовка к процессам изготовления

6.4.1 Общие положения

Подготовка к процессам изготовления, включая разделку кромок, опоры сосуда для сформованных деталей перед сваркой и формованием, должна проходить контроль и проверку, чтобы обеспечить, чтобы подобная деятельность не наносила ущерба завершенному сосуду.

6.4.2 Испытания подготовки соединений

Степень зачистки кромок перед испытаниями должна соответствовать EN 13445-4:2009. Все подготовки соединений подлежат осмотру перед сваркой. Дефекты, такие как расслоение, трещины и шлаковые включения, должны быть устранены до сварки. В случае повышенной вероятности возникновения недостатков или обнаружения недостатков осмотр должен быть дополнен дополнительным неразрушающим контролем.

Все проверки должны выполняться квалифицированным персоналом. Результат испытаний подготовки соединений заносится в график НК.

6.4.3 Контроль опор сосуда

Все прихваточные сварные швы с полосами, зажимами, захватами или другими соответствующими средствами, используемыми для удержания кромок сосуда и/или обеспечения поддержки при сварке, должны проходить контроль.

Швы приспособлений, постоянно присоединенных к деталям, работающим под давлением, исследуются в степени, описанной в таблице 6.6.2-1 (строка 21).

Швы приспособлений, присоединенных временно, исследуются после устранения трещин на поверхности в степени, описанной в таблице 6.6.2-1 (строка 22).

Ремонт, необходимый после удаления временных приспособлений, проходят испытания, как описано в 6.5.3.

6.4.4 Контроль, связанный с формованием

Перед формованием любой формуемый материал проходит визуальный контроль и измерение толщины в соответствии с требованиями EN 13445-4:2009. Результат контроля заносится в график НК.

6.4.5 Испытание областей, подверженных значительным растягивающим напряжениям по толщине

В случае повышенной вероятности внутреннего повреждения в областях, подверженных значительным растягивающим напряжениям по толщине вследствие сварки, эти области должны быть проверены на наличие внутренних недостатков до сварки. Результат контроля заносится в график НК.

6.5 Сварка

6.5.1 Общие положения

В случаях, допускаемых согласно EN 13445-3:2009, должна быть установлена и отрегулирована подкладка с соединением внахлестку таким образом, чтобы достигаемое качество сварного шва было таким же, как и в случае обычного одностороннего стыкового шва. Ко шву применяются тот же тип неразрушающего контроля и критерии приемки, что и к одностороннему стыковому шву.

Сварные швы во всех группах испытаний подлежат контролю технологического процесса, в частности, швы групп испытаний 3 или 4, которые не подлежат НК по таблице 6.6.1.2-1, проходят особый визуальный контроль на стадиях специально с учетом визуального осмотра на стадиях сборки соединения и обтесывания второй стороны до качественного металла.

Все завершенные сварные соединения проходят визуальный контроль. Кроме того, в зависимости от группы испытаний готовые швы проходят НК в соответствии с таблицами 6.6.1-1 и 6.6.2-1 для этого типа шва.

6.5.2 Проверка сварщика и утверждение сварщика-автоматчика и утверждение технологий

Изготовитель сосуда должен проверить, чтобы сварка выполнялась только сварщиками и операторами, которые были утверждены в соответствии с требованиями EN 287-1:2004 и EN 1418:1997. Технологии должны быть квалифицированы в соответствии с EN 13445-4:2009.

Идентификация сварщика и сварщика-автоматчика должна контролироваться в соответствии с EN 13445-4:2009.

Прослеживаемость сварщика и сварщика-автоматчика подвергается сквозному контролю в ходе сооружения сосуда, работающего под давлением, и должна быть проверена при окончательной оценке, см. 10.2.2.

6.5.3 Контроль ремонта

Все ремонты сварных соединений подлежат неразрушающим испытаниям по тем же требованиям, что и для случаев выявления недостатков. Это включает те же критерии приемки. Подобные ремонты выполняются с применением утвержденных технологий сварки и с участием утвержденных сварщиков и сварщиков-автоматчиков. Степени испытаний ремонтов должны соответствовать таблице 6.6.2-1 и охватывать 100 % площади отремонтированного участка.

Ремонты, не включающие сварку, путем поверхностной обработки допускаются при условии, что участок ремонта подлежит НК в соответствии с таблицей 6.6.2-1 и свободен от неприемлемых недостатков, см. 6.6.5 о требованиях к повторным испытаниям.

Сварной металл, наплавляемый для восстановления основного материала, проходит неразрушающий контроль по всей поверхности с использованием магнитопорошкового контроля (МТ) или контроля проникающим веществом (РТ).

6.6 Неразрушающий контроль сварных соединений

6.6.1 Объем неразрушающего контроля

Требуемый объем неразрушающего контроля зависит как от группы испытаний, так и от типа сварных соединений. Руководство по определению необходимого объема испытаний представлен в следующих пунктах.

Для серийно производимых сосудов, работающих под давлением, в приложении А приведен альтернативный маршрут. Это приложение не применяется к сосудам или деталям сосудов, сконструированных по методу Design by Analysis – Direct Route в приложении В EN 13445-3:2009 или сконструированных в соответствии с пунктом 6.3 EN 13445-3:2009. Это приложение не применяется к сосудам или деталям сосудов, работающих на площадке ползучести.

6.6.1.1 Использование групп испытаний

6.6.1.1.1 Общие положения

Неразрушающий контроль сварных соединений для целей окончательной приемки зависит от группы или подгруппы испытаний рассматриваемого сварного шва.

В таблице 6.6.1-1 групп испытаний 1, 2, 3 и 4 применяются ниже площадки ползучести. Группы испытаний 1, 2 и 3 подразделяются на подгруппы 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, чтобы отразить чувствительность к растрескиванию материала. В таблице F.2-1 в приложении F подгруппы испытаний 1c и 3c применяются к ползучести.

Примечание 1 – Группы или подгруппы испытаний учитывают трудности изготовления, связанные с различными группами стали, максимальную толщину сварки, способ сварки, диапазон рабочих температур и коэффициент соединения. Предполагается, что группы испытаний будут предоставить адекватную целостность для типичных применений в рамках ограничений, содержащихся в таблицах 6.6.1-1 и F.2-1.

Для сосудов (или деталей сосудов), сконструированных по методу Design by Analysis – Direct Route в приложении В EN 13445-3:2009 или сконструированных в соответствии с пунктом 6.3 EN 13445-3:2009, допускается только группа испытаний 1.

Примечание 2 – Дополнительные ограничения приведены в приложении А EN 13445-3:2009.

Для сосудов, сконструированных по экспериментальным методикам, группа испытаний, которая учитывается для сосуда или детали сосуда, должна быть определена в соответствии с правилами, приведенными в таблице 6.6.1-1, и возможными ограничениями, указанными в пункте Т.5 EN 13445-3:2009.

Примечание 3 – Коэффициент соединения не используется при конструировании по экспериментальной методике без расчета.

Для сосудов (или деталей сосудов), работающих на площадке ползучести, допустимы только группы испытаний 1c и 3c. Объем НК приведен в таблице F.2-1 приложения F. Группы испытаний 1, 2 и 3 допустимы для любых сварных соединений, не подверженных ползучести.

6.6.1.1.2 Группы 1, 2 и 3

Предполагается, что ко всему сосуду применяется одна группа испытаний.

Если сосуд состоит из нескольких секций (поясов), допускается сочетание групп испытаний 1, 2 и 3 при условии соблюдения требований, содержащихся в таблице 6.6.1-1.

Если требуется сочетание групп испытаний, например в результате использования метода DBA Direct Route альтернативного маршрута, конструирования в пределах площадки ползучести или для усталости в секции (поясе), применяется следующее:

a) в каждой секции (поясе) сосуда группа испытаний главных сварных соединений корпуса, где есть, определяет минимальную группу испытаний для всех швов, включая сварные швы патрубков, в этой секции;

b) группа испытаний шва между двумя сварными секциями различных групп испытаний должна быть выше двух групп испытаний;

c) минимальная группа испытаний (т. е. группа с более низким уровнем НК) сварных швов между сварным и бесшовным (несварным) компонентом или между двумя бесшовными компонентами должна быть определена по имеющейся толщине (т. е. фактической толщине минус допуски минус допуски на коррозию) на шве. Если имеющуюся толщину больше чем 1,17 (эквивалентно 1/0,85) умножить на минимальную толщину, группа испытаний сварного шва должна быть 3 как минимальное требование. В противном случае это должна быть группа испытаний 1 или 2 по таблице 6.6.1-1.

6.6.1.1.3 Группа испытаний 4

Группа испытаний 4 используется в качестве единой группы для всего сосуда и не используется с любой другой группой испытаний.

6.6.1.1.4 Демонстрации удовлетворительного опыта для группы испытаний 2

Удовлетворительный опыт – это минимальное количество сварных швов или сосудов, успешно произведенных и испытанных в рамках/параметрах испытаний для утверждения технологии сварки, как указано ниже:

– в случае групп материалов 1.1, 1.2 и 8.1 успешного производство означает 25 последовательным сосудов, работающих под давлением, или 50 последовательных метров главных сварных соединений;

– в случае других групп материалов это 50 последовательных сосудов, работающих под давлением, или 100 последовательных метров главных сварных соединений;

– опыт в группе материалов 3.1 охватывает опыт в группах материалов 1.1, 1.2 и 1.3;

– опыт в группе материалов 1.3 охватывает опыт в группах материалов 1.1, 1.2;

– опыт принимается при условии, что имеется действительное испытание для утверждения технологии сварки для более критического или сопоставимого материала.

Любое несовершенство, требующее ремонта в процессе демонстрации опыта, требует, чтобы производитель заново начал полный процесс демонстрации.

Впоследствии (после демонстрации опыта) изолированные недостатки обрабатываются в соответствии с 6.5.3 и не влияют на демонстрацию опыта.

Однако множественные, систематические или производственные недостатки исследуются, исправляются, и повторяется полная демонстрация опыта. Подобные недостатки, как правило, являются повторяющимися и сходными по своему характеру. Они могут быть следствием неадекватных параметров сварки (например, результатом неисправности оборудования, слишком большого диапазона параметров, неправильного использования параметров в пределах утверждения) или ошибки сварщика. В случае неадекватных параметров следует рассмотреть переаттестацию технических условий процесса сварки (ТУС).

Документальное свидетельство процесса демонстрации опыта должно содержаться у изготовителя.

Таблица 6.6.1-1 – Группы испытаний для стальных сосудов, работающих под давлением

Требования	Группа испытаний [a]						
	1		2		3		4 [b, j]
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	
Допустимые материалы [g]	1 – 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Объем НК для основных сварных соединений [e, h]	100 %	100 %	100 % – 10 % [d]	100 % – 10 % [d]	25 %	10 %	0 %
НК для прочих сварных швов	Определено для каждого вида сварки в таблице 6.6.2-1						
Коэффициент соединения	1	1	1	1	0,85	0,85	0,7
Максимальная толщина, для которой допускаются конкретные материалы	Без ограничений [f]	Без ограничений [f]	30 мм для групп 9.1, 9.2 16 мм для групп 9.3, 8.2 [i], 10	50 мм для групп 1.1, 8.1 30 мм для группы 1.2	30 мм для групп 9.2, 9.1 16 мм для групп 8.2, 10	50 мм для групп 1.1, 8.1 30 мм для группы 1.2	12 мм для групп 1.1, 8.1
Способ сварки	Без ограничений [f]	Без ограничений [f]	Только полностью механизированная сварка [c]		Без ограничений [f]	Без ограничений [f]	Без ограничений [f]
Диапазон рабочих температур	Без ограничений [f]	Без ограничений [f]	Без ограничений [f]	Без ограничений [f]	Без ограничений [f]		Ограничение до (от –10 до +200) °C для группы 1.1 (от –50 до +300) °C для группы 8.1

[a] Для всех групп испытаний требуется 100%-ный визуальный контроль в максимально возможном объеме.

[b] Группа испытаний 4 применима только для:
– жидкостей группы 2;
– $P_s \leq 20$ бар; и
– $P_s V \leq 20\,000$ бар · L выше 100 °C; или
– $P_s V \leq 50\,000$ бар · L, если температура равна или ниже 100 °C;
– испытания более высоким давлением (см. раздел 10);
– максимального количества полных циклов давления менее 500;
– более низкого уровня номинальной расчетной нагрузки (см. EN 13445-3:2009).

[c] Полностью механизированный и/или автоматизированный способ сварки (см. EN 1418:1997).

[d] Первая цифра: на начальном этапе, вторая цифра: после удовлетворительного опыта. Определение «удовлетворительный опыт» см. в 6.6.1.1.4.

[e] Подробности относительно испытаний приведены в таблице 6.6.2-1.

[f] «Без ограничений» означает отсутствие дополнительных ограничений вследствие проведения испытаний. Ограничения, указанные в таблице, являются ограничениями вследствие проведения испытаний. Другие ограничения, приведенные в различных пунктах стандарта (такие как ограничения по конструкции или материалу и т. п.), должны быть также приняты во внимание.

[g] См. EN 13445-2:2009 о допустимых материалах.

[h] Процент относится к процентной доле швов каждого отдельного сосуда.

[i] Допускается 30 мм для группы материалов 8,2, если присадочный материал, содержащий дельта-феррит, используется для наплавления слоев вплоть до облицовочного прохода, но не включая его.

[j] Ограничено односекционными сосудами и одной группой материалов.

6.6.2 Определение объема неразрушающего контроля

6.6.2.1 Общие положения

Как правило, объем неразрушающего контроля, приведенный как значение в процентах, должен соответствовать таблице 6.6.2-1, охватывающей только процессы, перечисленные в EN 13445-4:2009. Это значение в процентах отражает объем неразрушающего контроля от суммарной длины сварного шва и учитывает группу испытаний и тип сварного шва.

Для сосудов, сконструированных по экспериментальным методикам, требуемый объем неразрушающего контроля сварных соединений должен быть в соответствии с правилами, приведенными в таблице 6.6.2-1.

В случае, если не очевидно, является ли сварное соединение основным или нет, в связи со сложной формой сосуда и/или конкретным местонахождением соединения применяется консервативное предположение, т. е. сварное соединение считается основным сварным соединением и испытывается соответствующим образом.

Примечание – Определение основного сварного соединения см. в EN 13445-3:2009, определение 3.13. Примеры основных сварных соединений см. в EN 13445-3:2009, подпункт 5.6.

Если на сосуде или детали сосуда нет сварного шва, предполагается группа испытаний 1.

6.6.2.2 Сварные соединения, перечисленные в таблице 6.6.2-1

Таблица 6.6.2-1 предназначена для стали для:

– многослойных сварных швов, сваренных в виде одно- или двухсторонних швов;

– однопроходных односторонних кольцевых сварных швов;

– выполненных с присадочными материалами;

– выполненных с использованием следующих типичных методов: ручная дуговая сварка металлическим электродом (MMA) 111, дуговая сварка под флюсом (SAW) 121, металл активного газа (MAG) 135, сварка в инертным газе металлическим электродом (MAG) 131, сварка в инертным газе вольфрамовым электродом (TIG) 141, плазменная сварка MIG 151.

6.6.2.3 Прочие сварные соединения

6.6.2.3.1 Общие положения

Особые проблемы, вытекающие из таких элементов, как описанные ниже, не охвачены таблицей 6.6.2-1 и учитываются для всех стыковых сварных соединений, особенно для продольных/основных швов:

– однопроходные односторонние основные швы;

– соединения между разнородными материалами или различными присадочными материалами.

6.6.2.3.2 Однопроходные односторонние основные швы

Для однопроходных основных швов толщина должна быть ограничена величиной 10 мм. Отмечается также, что эксплуатация этих сосудов ограничена циклическими режимами, т. е. не более 500 полных циклов давления. Для объемного НК единичных проходов используется один из двух следующих вариантов:

a) объем НК степени должен соответствовать предписаниям в таблице 6.6.2-1, что обусловлено выполнением гидравлических испытаний при более высоком испытательном давлении, как указано в 10.2.3.3.1, таблице 10.2.3.3-1 с контролем пиков и избытка наплавленного металла;

b) объем НК, предписанный в таблице 6.6.2-1, умножается на 2 без превышения 100 %, но не менее 25 % для продольных и 10 % для кольцевых швов. Если есть изменения, которые могут повлиять на производительность процесса сварки (например, перед заменой медной пластины или газа, после замены проволоки или порошка и образцов для заводских испытаний, перед заменой медной пластины или газа и после замены проволоки), выполняется дополнительный НК в начале этих швов.

Как для a), так и для b) сварка требует квалификации по испытанию технологии, как это предусмотрено в EN 13445-4:2009, по фактической номинальной толщине сварного соединения, выполненного за один проход с одной стороны. Диапазон квалификации ограничивается величиной от $0,8 \cdot t$ до t, где t – фактическая номинальная толщина пробного образца.

Для всех толщин используется рентгеновское излучение в направлении подготовки под сварку.

6.6.2.3.3 Неразрушающий контроль соединений между разнородными материалами или различными присадочными материалами.

НК на этих соединениях выполняется по особой письменной процедуре с дополнительным вниманием к интерпретации полученных результатов.

6.6.2.4 Группа испытаний 2

Для группы испытаний 2 сокращение доли НК, приведенное в таблице 6.6.2-1, задается двумя числами (например, 100 % – 10 %). Первое значение относится к первоначальному объему НК, который требуется, пока не получен достаточный удовлетворительный опыт (см. 6.6.1.1.4), после чего применяется второе меньшее значение.

6.6.2.5 В случае, если требуется менее чем 100%-ный объем испытаний, объем и место неразрушающего контроля определяются на основе следующих критериев. Выбранные соединения являются репрезентативными для всей сварки на сосуде, работающем под давлением.

a) Для корпусов, сформованных головок, сообщающихся камер и кожухов:

1) неразрушающий контроль осуществляется на всех пересечениях продольных и кольцевых стыковых соединений.

Минимальная длина испытания должна быть 200 мм. Если включение всех пересечений превышает долю в таблице 6.6.2-1, применяется более высокое значение;

2) если необходимо для достижения доли, требуемой согласно таблице 6.6.2-1, дополнительные случайно выбранные места на стыковых сварных соединениях подлежат неразрушающему контролю;

3) отверстия в пределах основных сварных швов (продольных или кольцевых) или на расстоянии 12 мм от основного шва проверяются по длине не менее диаметра отверстия на каждой стороне отверстия. Они включаются в качестве дополнения к доле в таблице 6.6.2-1, если применимо.

b) Сопла и патрубки, прикрепленные к сосуду (стыковые сварные швы).

Для определения объема неразрушающего контроля общее количество сопел и патрубков, которые имеют стыковые сварные швы с полным проваром, группируются следующим образом:

1) для 100%-ного неразрушающего контроля: размер группы равен 1 (т. е. каждое отдельное сопло и патрубок);

2) для 25%-ного неразрушающего контроля: размер группы равен 4 (т. е. каждое полное сопло или патрубок для каждой группы из 4);

3) для 10%-ного неразрушающего контроля: размер группы равен 10 (т. е. каждое полное сопло или патрубок для каждой группы из 10).

После этого испытываются выполненные кольцевые и продольные стыковые сварные швы одного сопла или патрубка в каждой группе или частичной группе. Если включение количества полных кольцевых и продольных стыковых сварных швов или сопел превышает долю в таблице 6.6.2-1, применяется большее значение.

Таблица 6.6.2-1 – Объем неразрушающего контроля

Тип шва [a, p]			Испытание [b]	Объем для группы испытаний [o]						
				1a	1b	2a [i]	2b [i]	3a	3b	4
				Объем для основных материалов [l, m, n]						
				1 – 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Стыковой сварной шов с полным проваром	1	Продольные соединения	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	100 % 10 % [d]	(100 – 10) % 10 %	(100 – 10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	2a	Кольцевые соединения на корпусе	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100 – 10) % 10 %	(25 – 10) % 10 % [d]	10 % 10 %	10 % [c] 10 % [d]	0 0
	2b	Кольцевые соединения на корпусе с подкладкой [k]	RT или UT MT или PT	НД НД	100 % 10 %	НД НД	25 % 10 %	НД НД	25 % 10 %	0 0
	2c	Кольцевое соединение внахлестку с отбортовкой [k]	RT или UT MT или PT	НД НД	100 % 10 %	НД НД	25 % 10 %	НД НД	25 % 10 %	0 0
	3a	Кольцевые соединения на сопле d_i > 150 мм или e > 16 мм	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100 – 10) % 10 %	(25 – 10) % 10 % [d]	10 % 10 %	10 % [c] 10 % [d]	0 0
	3b	Кольцевые соединения на сопле d_i > 150 мм или e > 16 мм с подкладкой [k]	RT или UT MT или PT	НД НД	100 % 10 %	НД НД	25 % 10 %	НД НД	25 % 10 %	0 0
	4	Кольцевые соединения на сопле d_i ≤ 150 мм или e ≤ 16 мм	RT или UT MT или PT	0 100 %	0 10 %	0 (100 – 10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
	5	Все сварные швы в сферах, головках и полусферических головках корпусов	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	100 % 10 % [d]	(100 – 10) % 10 %	(100 – 10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	6	Сборка конической оболочки с цилиндрической оболочкой без перелома (больший конец конуса) [q, r]	RT или UT MT или PT	100 % 100 %	25 % 100 %	(100 – 10) % 100 %	(25 – 10) % 100 %	10 % 100 %	10 % 100 %	0 100 %
	7	Сборка конической оболочки с цилиндрической оболочкой без перелома (меньший конец конуса)	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100 – 10) % 10 %	(25 – 10) % 10 % [d]	10 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
Кольцевые соединения внахлестку [k]	8a	Общее приложение оболочки к головке	RT или UT MT или PT	НД НД	НД НД	НД НД	НД НД	НД НД	НД НД	0 0
	8b	Сильфоны к корпусу e ≤ 8 мм	RT или UT MT или PT	100 % 0 %	100 % 0 %	100 % 0 %	25 % 0 %	25 % 0 %	10 % 0 %	0 0
Сборка плоской головки или трубной решетки с цилиндрическим корпусом Сборка фланца или бурта с корпусом	9	С полным проваром	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	100 % 10 % [d]	(100 – 10) % 10 %	(100 – 10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	10	С частичным проваром, если a > 16 мм (как определено на рисунке 6.6.2-1) [j]	RT или UT MT или PT	НД НД	НД НД	НД НД	НД НД	25 % 10 %	10 % 10 %	0 0
	11	С частичным проваром, если a ≤ 16 мм (как определено на рисунке 6.6.2-1) [j]	RT или UT MT или PT	НД НД	НД НД	НД НД	НД НД	0 10 %	0 10 %	0 0

Продолжение таблицы 6.6.2-1

Тип шва [a, p]			Испытание [b]	Объем для группы испытаний [o]						
				1a	1b	2a [i]	2b [i]	3a	3b	4
				Объем для основных материалов [l, m, n]						
				1 – 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Сборка фланца или бурта с соплом	12	С полным проваром	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	100 % 10 % [d]	(100 – 10) % 10 %	(100 – 10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	13	С частичным проваром [j]	RT или UT MT или PT	НД НД	НД НД	НД НД	НД НД	0 10 %	0 10 %	0 0
	14	С полным или частичным проваром $d_i \leq 150$ мм и $e \leq 16$ мм [j]	RT или UT MT или PT	0 10 %	0 10 % [d]	0 10 %	0 10 % [d]	0 10 %	0 10 %	0 0
Сопло или патрубок [e]	15	С полным проваром $d_i > 150$ мм или $e > 16$ мм	RT или UT MT или PT	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100 – 25) % 10 %	(25 – 10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	16	С полным проваром $d_i \leq 150$ мм или $e \leq 16$ мм	RT или UT MT или PT	0 100 %	0 10 %	0 (100 – 10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
	17	с частичным проваром для любого d_i $a > 16$ мм (см. рисунок 6.6.2-2)	RT или UT MT или PT [j]	100 % 10 %	25 % 10 % [d]	(100 – 25) % 10 %	(25 – 10) % 10 % [d]	25 % 10 %	10 % 10 % [d]	0 0
	18	с частичным проваром $d_i > 150$ мм $a \leq 16$ мм (см. рисунок 6.6.2-2)	RT или UT MT или PT [j]	НД НД	НД НД	НД НД	НД НД	0 10 %	0 10 %	0 0
	19	С частичным проваром $d_i \leq 150$ мм $a \leq 16$ мм (см. рисунок 6.6.2-2)	RT или UT MT или PT [j]	0 100 %	0 10 %	0 (100 – 10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
Концы труб в трубной решетке	20		MT или PT	100 %	100 %	100 %	100 %	25 %	10 %	0
Постоянные приспособления [f]	21	С полным или частичным проваром	RT или UT MT или PT	25 % [g] 100 %	10 % [d] 10 %	10 % 100 %	10 % [d] 10 %	10 % 100 %	10 % [d] 10 % [d]	0 0
Области, сохраняющие давление, после снятия временных приспособлений	22		MT или PT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0
Футеровка сваркой [h]	23		MT или PT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0
Ремонты	24		RT или UT MT или PT	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	0 0

[a] См. рисунок 6.6.2-3.
[b] RT – радиографический контроль, UT – ультразвуковой контроль, MT – магнитопорошковый контроль, PT – контроль проникающим веществом.
[c] 2 % при $e \leq 30$ мм и теми же ТУС, что и для продольных, для групп стали 1.1 и 8.1.
[d] 10 % при $e > 30$ мм, 0 % при $e \leq 30$ мм.
[e] Процентная доля в таблице относится к общей длине сварного шва всех сопел, см. 6.6.1.2, перечисление b).
[f] PT или UT не применяется для толщины шва ≤ 16 мм.

Окончание таблицы 6.6.2-1

Тип шва [a, p]	Испытание [b]	Объем для группы испытаний [o]						
		1a	1b	2a [i]	2b [i]	3a	3b	4
		Объем для основных материалов [l, m, n]						
		1 – 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1

[g] 10 % для групп стали 8.2, 9.1, 9.2, 9.3 и 10.
[h] Объемные испытания, если имеется риск растрескивания из-за основного материала или тепловой обработки.
[i] Объяснение сокращения для группы испытаний 2 см. в 6.6.1.2.
[j] В исключительных случаях или если конструкция или воспринимаемая нагрузка на соединении является критической может быть необходимым применение обоих методов (т. е. RT и UT, PT и MT). См. таблицу 6.6.3-1 о других обстоятельствах для использования обоих методов.
[k] Об ограничениях применения см. EN 13445-3:2009, пункт 5.7.3.2.
[l] Процент поверхности, подлежащей исследованию, относится к проценту длины швов как на внутренней, так и внешней поверхности.
[m] PT и UT – контроль по объему, а MT и ПТ – контроль по поверхности. При указании в данной таблице требуются как объемные, так и поверхностные испытания в указанном объеме.
[n] НД означает «тип соединения не допускается» (см. EN 13445-3:2009, приложение A).
[o] В случае циклической нагрузки см. приложение G.2.
[p] В приложении A EN 13445-3:2009 приведены ограничения конструкции по швам.
[q] Если дизайн не таков, что толщина шва превышает 1,4 e_j (см. пункт 7.6.6 EN 13445-3:2009). В таком случае применять НК по строке 2a.
[r] Для соединений с изломом применяется случай 2a.

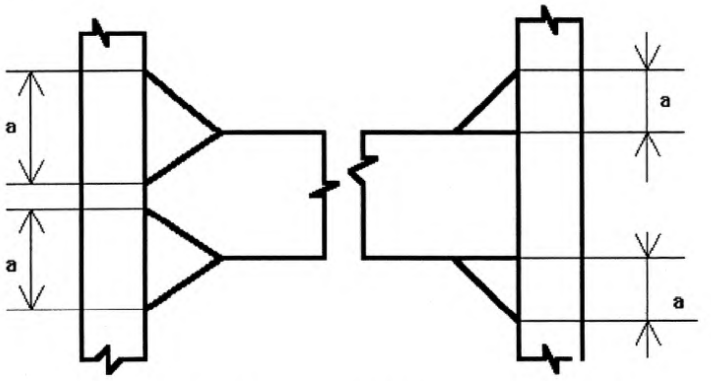


Рисунок 6.6.2-1 – Определение «a» для типов шва 10 и 11

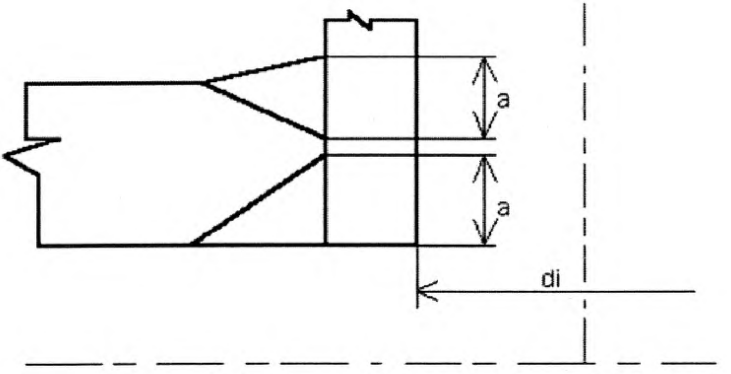


Рисунок 6.6.2-2 – Определение «a» для типов шва 17, 18 и 19

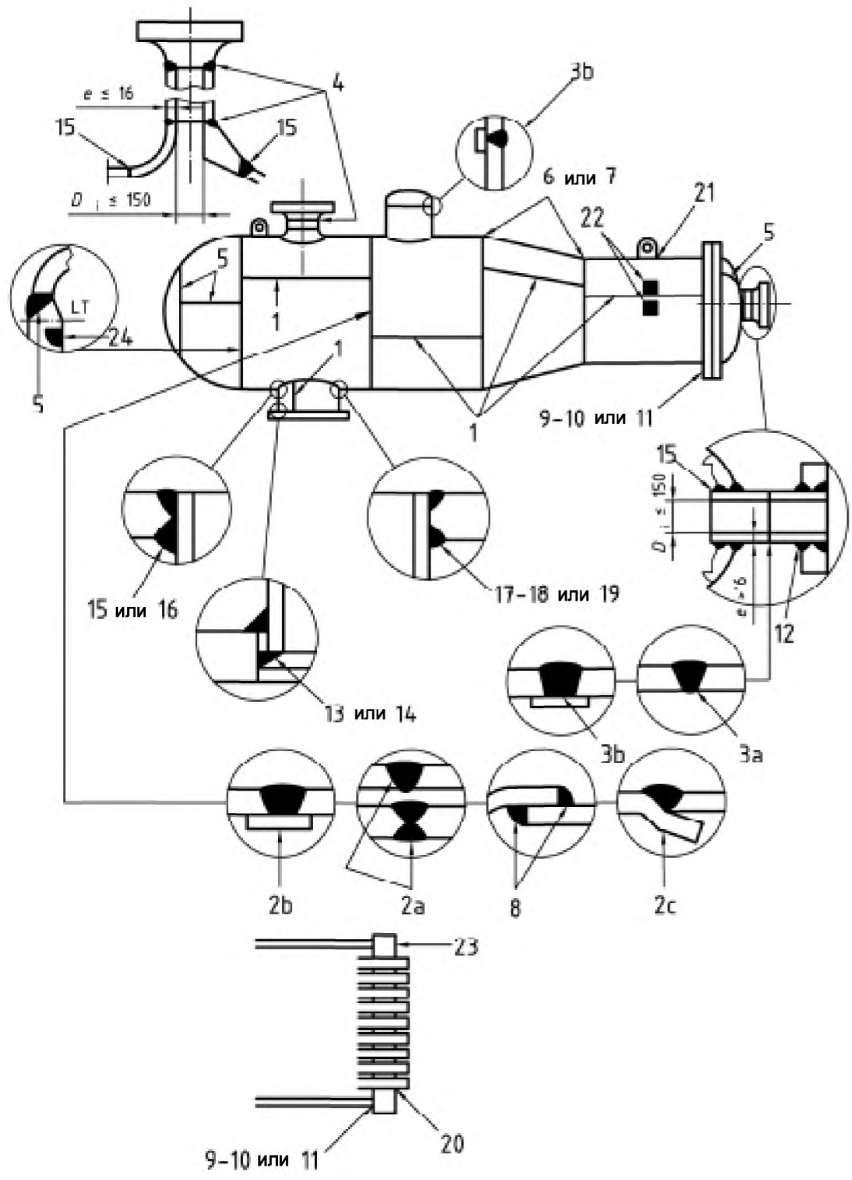


Рисунок 6.6.2-3 – Тип швов

6.6.3 Выполнение неразрушающего контроля

6.6.3.1 Общие положения

Визуальный контроль проводится для всех сварных швов.

Неразрушающий контроль сварных соединений для окончательной приемки зависит от группы испытаний соединения.

6.6.3.2 Применимые методы неразрушающего контроля

В таблице 6.6.3-1 приведены метод, характеристики и критерии приемки. Эта таблица основана на EN 12062:1997, а также уровне качества С согласно EN ISO 5817:2007.

Таблица 6.6.3-1 – НК. Методы, приемы, характеристики, критерии приемки

Методы НК (сокращения)	Методики	Характеристика	Критерии приемки
Визуальный контроль (VT)	EN 970:1997	EN ISO 5817:2007 (недостатки поверхности)	EN ISO 5817:2007 (недостатки поверхности, уровень приемки C) [c]
Рентгенографический (RT)	EN 1435:1997, класс B	EN 12517-1:2006 и дополнительная таблица 6.6.4-1	EN 12517-1:2006, уровень приемки 2 и таблица 6.6.4-1
Ультразвуковой контроль (UT)	EN 1714:1997, не ниже класса B [a]	EN 1713:1998 [b]	EN 1712:1997, уровень приемки 2 + не допускаются плоскостные недостатки поверхности
Контроль проникающим веществом (PT)	EN 571-1:1997 + параметры испытаний по EN 1289:1998, таблица A.1	EN 1289:1998	EN 1289:1998, уровень приемки 2X
Магнитопорошковый контроль (MT)	EN 1290:1998 + параметры испытаний по EN 1291:1998, таблица A.1	EN 1291:1998	EN 1291:1998, уровень приемки 2X

[a] Для толщины > 100 мм требуется класс C или D.
[b] EN 1713:1998 является лишь рекомендацией.
[c] Дополнительные требования для следующих недостатков:
– случайная дуга (601) – удаление плюс 100%-ный MT или PT в целях обеспечения отсутствия недостатков;
– брызги металла (602) – брызги металла должны быть устранены со всех частей, подверженных давлению, и швов принадлежностей, несущих нагрузку. Изолированные случайные брызги допускаются на компонентах, изготовленных из материалов группы 1;
– рваная поверхность (603), след шлифования (604), зарубка (605) должны быть отшлифованы до получения плавного перехода;
– утонение металла (606) не допускается. Любое локальное утонение металла должно быть соотнесено с конструктивными характеристиками (расчетная толщина + допуск на коррозию).

6.6.3.3 Выбор методов неразрушающего контроля для внутренних недостатков (полный и частичный провар)

Выбор использования рентгенографического или ультразвукового обследования или сочетания должен соответствовать таблице 6.6.3-2.

Если указаны два метода, наименее предпочтительный метод указан в скобках.

Таблица 6.6.3-2 – Выбор метода неразрушающего контроля [a] для обнаружения внутренних дефектов в соединениях с полным проваром в соответствии с EN 12062:1997, таблица 3

Материал и тип соединения	Номинальная толщина основного материала e, мм			
	$e \le 8$	$8 < e \le 40$	$40 < e \le 100$	$e > 100$
Стыковые соединения, ферритовая сталь	RT	RT, или UT, или UT_D	UT [b], или UT_D, или (RT)	UT_D [b]
Т-образные соединения, ферритовая сталь	UT_D или RT	UT, или (RT), или UT_D	UT, или (UT_D), или (RT)	UT_D
Стыковые соединения, аустенитная нержавеющая и аустенитная ферритовая (дуплексная) сталь	RT	RT или (UT_D)	RT или UT_D [b]	UT_D [b]

Окончание таблицы 6.6.3-2

Материал и тип соединения	Номинальная толщина основного материала e, мм			
	$e \leq 8$	$8 < e \leq 40$	$40 < e \leq 100$	$e > 100$
Т-образные соединения, аустенитная нержавеющая и аустенитная ферритовая (дуплексная) сталь	UT_D или RT	UT_D или RT	UT_D или RT	UT_D

[a] – RT и UT означают рентгенографический и ультразвуковой контроль в соответствии со стандартами, упомянутыми в таблице 6.6.2-1;

– UT_D относится к классу D согласно EN 1714:1997 и может распространяться на все виды ультразвукового контроля, включая испытания механизированным способом или использование датчиков на двух пьезокристаллах. Он требует конкретных письменных процедур для параметров испытаний и критериев приемки и должен соответствовать уровню качества C согласно EN ISO 5817:2007.

[b] Для $e \geq 60$ мм UT включает исследование на недостатки, перпендикулярные поверхности, в соответствии с EN 583-4:2002.

Выбор в таблице 6.6.3-2 основан на наиболее подходящем методе для соответствующего применения в отношении типа и толщины материала. Возможно, что другой важный фактор, подлежащий рассмотрению, например геометрия соединения, чувствительность материала к растрескиванию в процессе сварки, может иметь преимущественное влияние на метод, отличающийся от указанного в таблице 6.6.3-2. Изготовитель должен зарегистрировать основание для подобного выбора.

Примечание – В исключительных случаях или если конструкция или воспринимаемая нагрузка на соединении является критической, особенно для соединений с неполным проваром, может быть необходимым применение обоих методов для одного соединения или сварного шва.

6.6.3.4 Выбор методов неразрушающего контроля для недостатков поверхности

Для ферритных сталей используется магнитопорошковый метод (MT). Для аустенитных сталей используется метод с использованием проникающего вещества (PT).

6.6.3.5 Состояние поверхности и подготовка к неразрушающему контролю

Состояние поверхности, требуемое для выполнения НК, должно соответствовать стандартам, указанным в таблице 6.6.3-1. Сварные поверхности не следует обрабатывать, если их нарушения не будут мешать применению и/или толкованию. Особое внимание необходимо для сосудов, испытывающих циклические нагрузки, критерии приведены в приложении G.

6.6.3.6 График неразрушающего контроля

Должен быть подготовлен сводный график, охватывающий требования к неразрушающему контролю для каждого сосуда, определение стадий изготовления, на которых выполняется неразрушающий контроль, выбор метода, процедуры, которые будут использоваться, критериев приемки, а также выполняемых записей.

6.6.3.7 Квалификация персонала, выполняющего неразрушающий контроль

Персонал, выполняющий неразрушающий контроль, должен быть квалифицирован и сертифицирован в соответствии с EN 473:2008, за исключением визуального контроля, для которого персонал должен быть квалифицирован, но не должен быть сертифицирован. Персонал, выполняющий неразрушающий контроль, должен иметь соответствующее свидетельство о квалификации (например, сертификации персонала, выполняющего неразрушающий контроль уровня 1, 2 или 3 соответственно).

6.6.4 Описание и оценка уровня приемлемости недостатков

6.6.4.1 Описание

Терминология, используемая для описания недостатков, должна соответствовать EN ISO 6520-1:2007.

6.6.4.2 Критерии приемлемости

Критерии, используемые для оценки приемлемости недостатков, должны соответствовать представленным в таблицах 6.6.3-1 и 6.6.4-1.

6.6.5 Этап выполнения

Неразрушающий контроль осуществляется после завершения термообработки после сварки (PWHT), но перед контрольным испытанием во всех группах испытаний.

Если материал нечувствителен к растрескиванию в ходе PWHT, т. е. это материал групп, например, 1.1 и 8.1, неразрушающий контроль может осуществляться перед PWHT.

Все сосуды должны проходить контроль в ходе и после процесса изготовления в целях обеспечения качества готовых сварных соединений. Подобные проверки включают проверки геометрии шва, контроль размеров, совмещение и т. д.

В частности, сосуды группы испытаний 4 проходят контроль в ходе изготовления как при первоначальной сборке, так и после подготовки соединения со второй стороны в случае двойных сварных швов.

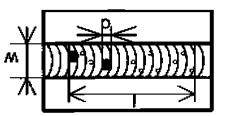
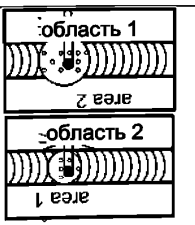
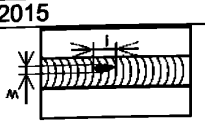
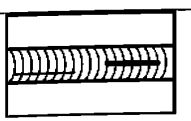
6.6.6 Процедура повторного неразрушающего контроля

Места, выбранные в перечислениях a) и b) 6.6.2, считаются репрезентативными для контролируемых швов. Недостатки, выявленные на кольцевым шве, считаются представляющими состояние всего кольцевого шва. Дефект, выявленный на продольном шве, считается представляющим состояние всего продольного шва. Недостатки, выявленные на сопле или патрубке, считаются отражающими состояние группы сопел или патрубков. В соответствии с типом дефекта повторный контроль выполняется следующим образом:

a) плоские недостатки: если в исследованных образцах присутствуют один или несколько плоских недостатков, вся длина стыкового сварного шва, представленных образцов контролируется по тому же методу неразрушающего контроля и оценивается по соответствующим критериям приемлемости;

b) неплоские недостатки: если образец не имеет плоских дефектов, но содержит иные неплоские дефекты в количестве, превышающем допустимое в критериях приемки, еще два случайно отобранных образца проходят неразрушающий контроль, а результаты оцениваются по сопоставлению с первоначальными критериями. Каждый из дополнительных образцов должен быть как минимум такой же длины, как и оригинал. Если эти два дополнительных образца являются приемлемыми, оригинальный образец подлежит ремонту и повторной оценке с использованием того же метода неразрушающего контроля. Если один или оба дополнительных образца не проходят испытание, 100 % сварного соединения подлежит испытанию.

Таблица 6.6.4-1 – Радиографический контроль, критерии приемки

Идентификация недостатков				Максимально допустимое
EN ISO 6520-1:2007		Тип недостатка [a]		Определение максимально допустимого
Группа №	Шифр недостатка			
2	2012	Равномерно распределенная пористость		Не допускается, если общая площадь проекции пористости превышает 2 % от учитываемой площади проекции сварного шва ($l \cdot w$). (1 % для критических областей сосудов, работающих в условиях циклических нагрузок, согласно приложению G). Макс. единичная пористость 0,4 e, но не более 4 мм
	2013	Скопление пор		Не допускается, если общая площадь проекции пористости превышает 4 % от учитываемой площади проекции сварного шва, которая является наибольшей из двух следующих площадей: – площадь 1: круг диаметром, соответствующим ширине сварного шва; – площадь 2: огибающая, охватывающая все поры
	202	Усадочная раковина	см. 2015	Не допускается
3	301	Шлаковое включение		w = 0,3e, не более 3 мм l = e макс. в 50 мм (w = 0,2e, не более 2 мм и l = e, не более 25 мм для критических областей сосудов, работающих в условиях циклических нагрузок, в соответствии с приложением G)
4	400	Несплавление и непровар		Не допускается, если требуется шов с полным проваром

[a] Используются следующие символы:
d – диаметр поры;
e – толщина основного материала;
w – ширина проекции отметки в миллиметрах;
l – длина проекции отметки в миллиметрах.

6.6.7 Документация неразрушающего контроля

Весь НК должен проводиться в соответствии с письменными процедурами и квалифицированным персоналом, как указано в 6.6.3.7. В поддержку действий по НК готовятся письменные протоколы испытаний в соответствии со стандартами, упомянутыми в таблице 6.6.3-1.

Документация, описанная выше, является достаточной для проверки объема выполненного НК и является составной частью отчетности, описанной в разделе 12.

6.7 Разрушающий контроль

6.7.1 Объем разрушающего контроля

Уровень разрушающих испытаний должен соответствовать EN 13445-2:2009 и EN 13445-4:2009.

6.7.2 График разрушающего контроля

Изготовитель сосуда отвечает за подготовку полного графика, охватывающего требования к разрушающему контролю для каждого сосуда или серии сосудов, определяющего стадии изготовления, на которых выполняется разрушающий контроль, выбор испытаний, процедуру испытаний, которые будут использоваться, критерии приемки и протоколы, которые требуется составлять.

6.7.3 Проверка разрушающего контроля

Следующие действия должны быть засвидетельствованы:
– идентификация/проверка пробных образцов;
– механические испытания;
– подготовка или сертификации протоколов испытаний.

6.7.4 Протоколы

Вся документация, связанная с выполнением разрушающего контроля в соответствии с настоящим стандартом, является составной частью окончательной документации в соответствии с разделом 12 и должна быть легкодоступной.

6.8 Термообработка

Термообработка проводится в соответствии с письменными процедурами и подтверждается контролем. Такие процедуры должны описывать параметры, критические для процесса термообработки. Процедуры должны охватывать соответствующие критерии в зависимости от процесса термообработки. Как минимум они должны включать в соответствующих случаях:

a) скорость нагрева;
b) время и температуру удержания или выдержки;
c) скорость охлаждения;
d) теплоноситель и тип печи;
e) тип и количество приборов для измерения температуры;
f) поддержку оборудования (если применимо);
g) записи и объем информации, которая должна содержаться.

7 Субподрядные элементы

7.1 Общие положения

Изготовитель сосуда при завершении любых работ на выполненном сосуде или части сосуда должен подтвердить, что любые работы, выполненные другими сторонами, также соответствуют требованиям настоящего стандарта.

Примечание – Некоторые виды работ, которые могут быть переданы по договору субподряда изготовителем сосуда и выполнены другими организациями, включают:
a) проектирование;
b) резку;
c) формование;
d) деятельность в области сварки;
e) термообработку;
f) неразрушающий контроль.

Пример формы субподрядчика см. в EN 13445-4:2009 (приложение B).

7.2 Действия, связанные со сваркой, выполняемые по договорам субподряда

Действия, связанные со сваркой, выполняемые по договорам субподряда, должны соответствовать требованиям EN 13445-4:2009.

7.3 Действия по неразрушающему контролю, выполняемые по договорам субподряда

7.3.1 Использование персонала по НК на основе контракта на площадях изготовителя сосуда

Изготовитель сосуда является ответственным за обеспечение подготовки, квалификации и сертификации персонала по НК, не являющегося сотрудниками изготовителя, в соответствии с EN 473:2008. Должны быть представлены надлежащим образом документированные записи, чтобы изготовитель сосуда мог проверить квалификацию персонала, и подобные записи должны сохраняться и быть легкодоступными.

Весь НК проводится в соответствии с письменными процедурами, и результаты документируются и сохраняются в соответствии с требованиями к НК изготовителей сосудов. Изготовитель сосуда является ответственным за обеспечение полного выполнения всех подобных процедур. Изготовитель сосуда обеспечивает сохранение записей, касающихся использования персонала по договорам субподряда для действий, выполняемых им, и имеет право назначать и удалять персонал по НК по своему усмотрению. Изготовитель сосуда несет ответственность за сохранение всех записей о работе, выполненной персоналом по договору субподряда в соответствии с разделом 12.

7.3.2 Выполнение НК по договорам субподряда на площадях субподрядчиков

НК, выполняемый на мощностях субподрядчиков, проводится под ответственностью изготовителя сосуда. Весь занятый персонал должен пройти обучение, квалификацию и сертификацию в соответствии с EN 473:2008, а изготовитель сосуда должен поддерживать адекватные записи, подтверждающие их квалификацию. Все процедуры должны быть задокументированы, и все результаты испытаний должны быть доступны и все копии должны сохраняться изготовителем сосуда.

Примечание – Изготовитель сосуда должен обеспечить свободный доступ для сторон, имеющих обязанности по процедурам оценки соответствия, в той степени, которую они считают необходимой для выполнения своих обязанностей и обязательств.

8 Прочие испытания

Указания по испытаниям на герметичность см. в приложении D.

9 Калибровка

9.1 Общие положения

Все измерительное и испытательное оборудование, используемое для окончательной приемки сосудов, калибруется в соответствии с 9.2 – 9.4 и письменными процедурами.

При использовании в данном пункте калибровка означает всеохватывающий термин, связанный с применением процедур и испытательного оборудования для определения точности оборудования.

Некоторые виды оборудования после первоначальной калибровки могут затем проходить проверку. Примерами проверенного оборудования являются денситометры и сварочное оборудование.

Примечание – Оборудование, подлежащее калибровке, включает, помимо прочего:

a) установки для испытаний на растяжение;
b) установки для ударных испытаний;
c) твердомер;
d) оборудование для неразрушающего контроля, включая денситометр и снимки эталонного ступенчатого образца;
e) манометры;
f) печь и контактные термопары;
g) регистраторы времени/температуры;
h) аппаратура для измерения размеров;
i) сварочное оборудование (см. EN ISO 17662).

9.2 Процедура калибровки

9.2.1 Общие положения

Процедуры должны быть подготовлены для каждого типа оборудования с указанием:

a) объема действий и лиц, ответственных за выполнение калибровки;

b) ссылки на европейские стандарты или национальные стандарты, когда отсутствуют вторичные стандарты/эталоны, если они используются;

c) частоты калибровки;

d) критериев приемки.

По возможности использовать европейские или национальные стандарты. При отсутствии подобных стандартов метод калибровки должен быть утвержден, как указано в процедурах.

9.2.2 Калибровка

Калибровка измерений, испытаний и испытательного оборудования, используемого на сосуды, работающие под давлением, для окончательной приемки всегда является ответственностью изготовителя сосуда.

За исключением специального оборудования, указанного в таблице 9.2.2-1, изготовитель сосуда либо выполняет калибровку самостоятельно, либо передает ее по договору субподряда национальной аккредитованной испытательной лаборатории (NATL). NATL обеспечивает сертифицированные протоколы калибровки и имеет подходящие эталонные стандарты, точность которых прослеживается к европейским/национальным стандартам.

Таблица 9.2.2-1 – Частота и выполнение калибровки

Оборудование	Частота	Выполнение
Установки для испытаний на растяжение и сопутствующее оборудование	1 год	Национальная аккредитованная испытательная лаборатория (NATL)
Установка для испытаний на ударную прочность по Шарпи и сопутствующий измерительный аппарат	1 год	NATL
Твердомер	1 год	NATL
Эталонные манометры	1 год	NATL

9.2.3 Частота

Частота калибровки оборудования должна соответствовать либо таблице 9.2.2-1, либо применимому европейскому/национальному стандарту, либо, в отсутствие такового и указаний в таблице 9.2.2-1, рекомендациям изготовителя измерительного оборудования.

9.3 Идентификация

Все измерительное и испытательное оборудование идентифицируется путем маркировки предмета или его контейнера/ящика с уникальным идентификационным серийным номером.

В дополнение к идентификационному номеру оборудование должно иметь наклейку с данными калибровки, предоставляющую визуальную идентификацию ее статуса.

9.4 Регистрация

9.4.1 Все оборудование в рамках системы калибровки должно быть задокументировано в списке, который как минимум должен включать:

a) ответственных за калибровку: отдел, лицо, субподрядчик;

b) идентификационный серийный номер предмета;

c) местоположение предмета;

d) номер процедуры калибровки.

9.4.2 Для отдельных предметов должна содержаться запись с указанием:

a) даты калибровки;

b) его текущего состояния или состояния фактического измерения;

c) идентификации применяемого стандарта или эталона.

Все записи, касающиеся калибровки, должны быть доступны уполномоченному органу по контролю.

10 Окончательная оценка

10.1 Общие положения

Каждый завершенный сосуд, работающий под давлением, спроектированный и выполненный по настоящему стандарту, подлежит окончательной оценке на предмет соответствия требованиям утвержденных сборочных чертежей и настоящего стандарта.

Если из-за внутренних элементов (пучков труб, лотков и т. п.) исследование внутри не представляется возможным по завершении сосуда, работающего под давлением, то изготовитель сосуда должен гарантировать выполнение окончательного исследования этих элементов до их сборки.

Окончательная оценка состоит из:

– визуального и размерного контроля сосуда;

– экспертизы документации;

– контрольного испытания;

– исследования после контрольного испытания;

– контроля средств обеспечения безопасности.

Лица, выполняющие окончательную оценку, должны иметь доступ ко всем файлам/записям в соответствии с разделом 12, имеющим отношение к сосуду, работающему под давлением, на стадии исследования.

10.2 Масштаб окончательной оценки

10.2.1 Визуальный и размерный контроль

Визуальный и размерный контроль проводится после завершения всех сварочных работ и послесварочной термообработки, но до нанесения любого покрытия независимо от вида и перед контрольным испытанием. Если сосуд, работающий под давлением, должен быть полностью или частично собран на месте, изготовитель сосуда определяет элементы, которые могут получать защитные покрытия перед отправкой на место.

Должны быть приняты меры по обеспечению безопасного доступа ко всем областям сосуда, работающего под давлением, для проведения этого исследования. Также должно быть обеспечено адекватное освещение, откалиброванное измерительное оборудование и мерные приспособления для лиц, выполняющих исследование.

Объем визуального и размерного контроля должен включать, помимо прочего, следующее:

– проверку соответствия конструкции утвержденным технологическим чертежам сосуда, включая размерные требования к допускам, указанным на чертежах и в настоящем стандарте. В приложении В приведен перечень элементов, которым должно быть уделено соответствующее внимание. Результаты контроля размеров (исходное состояние конструкции) должны быть задокументированы в свидетельстве об отчете проверки на соответствие размеров;

– проверку состояния выполненного сосуда, работающего под давлением, с особым вниманием к готовым сварным соединениям, соединениям сопел и принадлежностям в отношении сварного профиля, измерений пиков и общей геометрии сварного шва в соответствии с утвержденными технологическими чертежами и настоящим стандартом;

– проверку маркировки материалов для прослеживаемости материалов против документальных записей;

– проверку сварщиков и идентификации НК на сосуде против документации, если применимо.

Любые меры по исправлению недостатков, выявленных в результате подобного контроля, выполняются, проводятся повторное исследование и очистка перед контрольным испытанием.

10.2.2 Рассмотрение документации

Объем анализа документации включает, помимо прочего, проверку документов (например, сертификатов испытаний на утверждение процедур сварки, сертификатов утверждения сварщиков, сертификатов сертификации персонала, выполняющего НК, протоколов производственных испытаний, протоколов НК, протоколов послесварочной термообработки, протоколов контроля размеров и т. д.).

Объем рассмотрения и все отклонения включаются в отчет. Любые меры по исправлению недостатков, выявленных в результате подобного контроля, выполняются, проводятся повторный контроль и очистка перед контрольным испытанием.

10.2.3 Контрольное испытание

10.2.3.1 Общие положения

Все сосуды проходят контрольное испытание для демонстрации целостности готового продукта.

Примечание – Для категории 1 (см. определение в PED 97/23/EC и CR 13445-7) серийное оборудование, работающее под давлением, для которого требуется маркировка CE, это испытание может проводиться на статистической основе в соответствии с приложением А.

Контрольное испытание является частью окончательной оценки.

Гидростатическое испытательное давлением является стандартным контрольным испытанием.

Если это не осуществимо практически, оно может быть заменено на:

a) пневматическое испытание. Пневматические испытания являются потенциально более опасными по сравнению с гидростатическими испытаниями.

Поэтому их проведение допускается только при соблюдении следующих условий:

– для сосудов, имеющих конструкцию, не позволяющую на практике заполнить их жидкостью;

– для сосудов, которые должны быть использованы в процессах, где даже небольшие следы жидкости недопустимы;

– после предварительных консультаций на стадии проектирования;

b) объединенное гидростатическое/пневматическое испытание. В некоторых случаях может оказаться желательным испытать сосуд, когда он частично заполнен жидкостью. Это так же опасно, как и пневматическое испытание.

10.2.3.2 Основные требования

10.2.3.2.1 Контрольное испытание проводится в контролируемых условиях с соответствующими мерами безопасности и оборудованием таким образом, что лица, ответственные за проведение испытания, могли выполнять проверки всех частей, работающих под давлением.

10.2.3.2.2 Когда возможно практически, готовый сосуд проходит контрольное испытание после завершения всего процесса изготовления и выполнения всех проверок. Однако операции, которые влияют на контролируемость сосуда, находящегося под давлением, такие как окраска, изоляция, обкладывание кирпичом, резиной, свинцом, цинкование, эмалирование т. д., должны осуществляться после успешного завершения контрольного испытания.

Примечание – Кроме того, если сосуд имеет облицовку или покрытие, выполненные с помощью процесса, который может нарушить целостность конструкции, например стеклянную облицовку, допускается снизить давление контрольного испытания после завершения облицовки до не менее чем 1,1 максимального допустимого давления P_S при условии, что стандартное контрольное испытание выполнено до облицовывания.

Для сосудов с покрытием или облицовкой, имеющих кожухи, прикрепленные после процесса облицовки (но не приваренные непосредственно к сосуду с облицовкой), кожух должен пройти контрольное испытание под давлением $1{,}25 \cdot P_S$.

10.2.3.2.3 Оборудование, работающее под давлением, должно иметь предписанную маркировку (например, табличку с данными) на момент проведения контрольного испытания и когда имеется ряд герметичных отсеков на момент проведения контрольного испытания.

10.2.3.2.4 Если провести контрольное испытание всего сосуда не представляется возможным на практике из-за размера или способа изготовления, на стадии проектирования должна быть утверждена процедура испытания.

10.2.3.2.5 Если в качестве испытательной жидкости используется вода, качество используемой воды должно быть таким, чтобы не допустить коррозии и образования неудаляемого твердого осадка.

К сосудам из нержавеющей стали в группе 8 применяются следующие требования:

– для сосудов, не имеющих доступа для очистки или содержащих элементы конструкции/соединения, которые позволяют попадание воды, содержание хлоридов не должно превышать 1×10^{-6} по результатам анализа;

– для сосудов, имеющих доступ, которые могут быть очищены сразу после контрольного испытания, содержание хлоридов не должно превышать 20×10^{-6} по результатам анализа;

– для всех сосудов допускается содержание хлоридов больше чем в 1) или 2), при условии задокументированного технического обоснования в анализе рисков.

Примечание – При использовании иных жидкостей могут потребоваться дополнительные меры предосторожности в зависимости от характера жидкости.

10.2.3.2.6 Все временные трубы и соединительные детали и заглушки должны быть рассчитаны на испытательное давление и не должны являться составной частью того, что будут поставляться вместе с сосудом. После проведения контрольного испытания все трубы и соединения и заглушки должны быть сразу же удалены или четко промаркированы в целях предотвращения неправильного использования. В случае болтовых соединений должны использоваться болты, входящие в комплект, а затяжка должна быть равномерной и до степени, не превышающей необходимую для целей герметизации.

10.2.3.2.7 Сосуды, которые были отремонтированы во время или после испытания давлением, проходят контрольное испытание повторно после выполнения ремонта и любой требуемой послесварочной термообработки (PWHT).

10.2.3.2.8 Запрещается подвергать сосуды ударным нагрузкам, таким как обстукивание молотком, при выполнении контрольных испытаний.

10.2.3.2.9 Все отклонения от этих основных требований должны быть утверждены на стадии проектирования.

10.2.3.3 Стандартное гидростатическое испытание

10.2.3.3.1 Для односекционного сосуда [1] под действием внутреннего давления, работающего ниже температурного диапазона ползучести и сконструированного согласно группам испытаний 1, 2 или 3, испытательное давление, прилагаемое как внутреннее давление в наивысшей точке камеры сосуда для горизонтального или вертикального испытательного положения, должно быть, как указано в перечислении a). Изменения испытательного давления в связи с гидростатическим давлением указаны в перечислении b).

Особые положения приведены в перечислении c) для однопроходных основных швов и в d) для полных сосудов или частей судов, работающих в температурном диапазоне ползучести.

a) Испытательное давление определяется как большее из значений:

$$P_t = 1{,}25 \cdot P_d \frac{f_a}{f_{Td}} \qquad (10.2.3.3.1\text{-}1)$$

или

$$P_t = 1{,}43 \cdot P_s \qquad (10.2.3.3.1\text{-}2)$$

где P_t – испытательное давление, измеренное в самой высокой точке камеры сосуда в испытательном положении;

P_d и T_d – являются соответствующими значениями расчетного давления и расчетной температуры для случая нагрузки максимальным давлением;

P_s – максимальное допустимое давление сосуда;

f_a – номинальное расчетное напряжение для случаев обычных эксплуатационных нагрузок на материал изучаемой детали при испытательной температуре;

f_{Td} – номинальное расчетное напряжение для случаев обычных эксплуатационных нагрузок на материал изучаемой детали при температуре T_d.

Поскольку отношение f_a/f_{Td} зависит от материала рассматриваемой детали значение f_a/f_{Td}, используемое для расчета P_t, должно быть не менее наименьшего соотношения, полученного с учетом различных материалов основных деталей, находящихся под давлением (например, корпусы, концы, трубные решетки теплообменников, пакеты труб, основные фланцы, но игнорируя болтовые соединения, связанные с основными фланцами). Основные детали, воспринимающие давление, не включают стандартных фланцев высокого давления и болтовых соединений, разработанных без расчета в соответствии с правилами в пункте 11.4.2 EN 13445-3:2009.

Примечание 1 – Правила пункта 11.4.2 EN 13445-3:2009 касаются применения стандартных фланцев без вычислений.

P_t, P_s, f_a и f_{Td} должны иметь согласующиеся единицы.

Случай максимальной нагрузки от давления – это сочетание совпадающих давления и расчетной температуры, которое дает самое высокое испытательное давление.

Если болтовое соединение, связанное с основными фланцами, подвергается избыточному напряжению в связи с испытательным давлением, испытательное давление может быть уменьшено до приемлемого уровня напряжения на болтах.

Конструкция сосуда должна быть такой, чтобы ни в одной детали испытательное давление не превышало максимально допустимое давление для случаев испытания нагрузкой, определенных в пункте 5.3.2.3 EN 13445-3:2009 согласно соответствующим правилам проектирования в EN 13445-3:2009. Для проектирования по формулам (Design By Formulae, DBF) и проектирования путем анализа (Design By Analysis, DBA) в соответствии с приложением C максимально допустимое давление определяется с использованием номинального расчетного напряжения, приведенного в таблице 6-1 для случаев испытательного нагружения. Для метода DBA – Direct Route согласно приложению B максимально допустимое давление определяется с использованием коэффициентов безопасности для случаев испытательного нагружения, приведенных в таблицах B.8-3 и B.8-4.

Примечание 2 – Для случаев испытательного нагружения при окончательной оценке допуск на коррозию можно игнорировать (но не для случаев в эксплуатационном испытании).

[1] Случай многосекционных сосудов рассмотрен в 10.2.3.3.3.

Примечание 3 – Давление испытанием не предназначено для определения размеров сосуда, работающего под давлением. Тем не менее возможное увеличение толщины высоких сосудов, испытанных в вертикальном положении, может потребоваться для удовлетворения критериев EN 13445-3:2009.

b) Для сосудов с гидростатическим давлением в процессе эксплуатации, превышающим 3 % от расчетного давления, испытательное давление должно быть изменено в соответствии с уравнением 10.2.3.3.1-3:

$$P_{t,mod} = P_t + (P_{hyd,ope} - P_{hyd,test}) \text{ но всегда: } P_{t,mod} \geq P_t, \qquad (10.2.3.3.1\text{-}3)$$

где $P_{t,mod}$ – измененное испытательное давление;
P_t – определяется согласно перечислению a);
$P_{hyd,ope}$ – максимальное гидростатическое давление во время эксплуатации;
$P_{hyd,test}$ – максимальное гидростатическое давление при проведении гидростатического испытания.

Примечание – Это измененное испытательное давление имеет решающее значение только тогда, когда гидростатическое давление во время эксплуатации превышает гидростатическое давление во время испытаний. Это возможно, если сосуд во время эксплуатации содержит жидкость с удельным весом выше, чем удельный вес испытательной среды, или если вертикальный сосуд испытывается в горизонтальном положении.

c) Для сосудов, имеющих однопроходные основные сварные швы, выполненных иначе, чем полностью механизированной сваркой (см. таблицу 6.6.1-1), и проверенных в соответствии с 6.6.2.3.2, перечисление a), давление контрольного испытания должно быть, как указано в a), но с заменой 1,25 на F_k в формуле 10.2.3.3.1-1.

$$P_t = F_k \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{Td}}. \qquad (10.2.3.3.1\text{-}4)$$

Значения F_k приведены в таблице 10.2.3.3.1-1.

Таблица 10.2.3.3.1-1 – Значение F_k

Фактическая толщина корпуса e	F_k	Допуск на коррозию c	Максимальные отклонения формы h: пик (измеренный после испытания) e_w: избыток наплавленного металла
$e \leq 4$ мм	2,1	$c \geq 1$ мм	$h + 0{,}5 \cdot e_w \leq 0{,}75 \cdot e_{min}$
		$c < 1$ мм	$h \leq 0{,}5 \cdot e_{min}$ $e_w \leq 0{,}75 \cdot e_{min}$
$e \leq 4$ мм	2,0	$c \geq 1$ мм	$h + 0{,}5 \cdot e_w \leq 0{,}5 \cdot e_{min}$
	2,1	$c < 1$ мм	$h \leq 0{,}5 \cdot e_{min}$ $e_w \leq 0{,}5 \cdot e_{min}$
$4 < e \leq 5$ мм	1,9	$c \geq 1$ мм	$h + 0{,}5 \cdot e_w \leq 0{,}5 \cdot e_{min}$
	2,1	$c < 1$ мм	$h \leq {}^1/_3 \cdot e_{min}$ $e_w \leq 0{,}25 \cdot e_{min}$
$5 < e \leq 7$ мм	1,8	$c \geq 1$ мм	$h < {}^1/_4 \cdot e_{min}$
	2,0	$c < 1$ мм	$e_w < 50$ % допустимого значения, приведенного в таблице 6.6.3-1
$7 < e \leq 10$ мм	1,7	$c \geq 1$ мм	$h < {}^1/_6 \cdot e_{min}$
	1,9	$c < 1$ мм	$e_w < 50$ % допустимого значения, приведенного в таблице 6.6.3-1

В таблице 10.2.3.3.1-1:
e_{min} – минимальная возможная толщина изготовления, как определено в EN 13445-3:2009;
h – пик после испытания, измеряемый, как определено в EN 13445-4:2009;
e_w – избыток наплавленного металла, как показано элементом h в номере 1.9 в EN ISO 5817:2007.
Кольцевое мембранное напряжение σ_c в основных швах с фактической или номинальной толщиной не должно превышать номинальное расчетное напряжение f_{test}, указанное в таблице 6-1 EN 13445-3:2009 для проведения испытаний и случаев исключительного нагружения, но должно быть больше или равным $0{,}85 \cdot f_{test}$.

Во время гидростатического испытания применяется значение 1 для коэффициента соединения z, определенного в EN 13445-1:2009.

Приемлемо заменить фактическую или номинальную толщину на e_{min}.

d) Для полных сосудов или частей сосудов, работающих в температурном диапазоне ползучести, испытательное давление рассчитывается как в перечислении a), но с f_{Td}, замененным на $f_{nc,Td}$, номинальное расчетное напряжение для случаев нормальных эксплуатационных нагрузок на материал рассматриваемой детали при расчетной температуре T_d в случае максимальной нагрузки давлением с использованием постоянных характеристик материала.

Если требуемые постоянные характеристики не имеются в стандарте на материалы при этой температуре, они могут быть определены следующим образом:

– для сосудов, сконструированных согласно группе испытаний 1c (см. таблицу F.2-1): при самой высокой температуре, для которой имеются постоянные характеристики в стандарте на материалы;

– для сосудов, сконструированных согласно группе испытаний 3c (см. таблицу F.2-1): с применением приложения S EN 13445-3:2009;

– в качестве альтернативы можно принимать непостоянные характеристики материала.

Из трех методов, описанных выше, для определения номинального расчетного напряжения для случаев нормальной эксплуатационной нагрузки должен использоваться последовательный метод для всех частей.

Примечание 1 – Уровень испытательного давления не имеет отношения к безопасности сосуда по отношению к поведению в условиях ползучести. Установлено, что он обеспечивает согласованность с эксплуатацией ниже площадки ползучести.

Примечание 2 – Использование постоянных характеристик при максимальных температурах, для которых они имеются в стандарте на материалы (при отсутствии таких характеристик Td), дает более низкое испытательное давление, но тем не менее обеспечивает адекватную демонстрацию силы в контексте группы испытаний 1c.

Примечание 3 – Номинальные расчетные напряжения, указанные в приложении S EN 13445-3:2009, основаны на логической экстраполяции в площадке ползучести постоянных характеристик, указанных в стандарте на материалы, ниже площадки ползучести.

Примечание 4 – Использование непостоянных характеристик материала дает более высокое испытательное давление и, следовательно, обеспечивает консервативную демонстрацию силы.

10.2.3.3.2 Для группы испытаний 4 сосудов испытательное давление должно быть не менее, что определенное по следующим уравнениям:

– для материалов группы 1.1:

если $c < 1$ мм

и (измеренный пик + 0,5 избытка наплавленного металла) $\leq 0{,}5 \cdot e_{min}$

$$P_t = 2{,}2 \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{Td}} \cdot \frac{e_{min}}{e_{min} - c} \qquad (10.2.3.3.2\text{-}1)$$

или,

если $c \geq 1$ мм,

(измеренный пик + 0,5 избытка наплавленного металла) $\leq 0{,}75 \cdot e_{min}$

измеренный пик $\leq 0{,}5 \cdot e_{min}$

измеренный избыток наплавленного металла $\leq 0{,}75 \cdot e_{min}$

$$P_t = 2{,}0 \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{Td}} \cdot \frac{e_{min}}{e_{min} - c}, \qquad (10.2.3.3.2\text{-}2)$$

где e_{min} – минимальная возможная толщина изготовления рассматриваемой секции, как указано на чертежах, см. пункт 5.2.3 в EN 13445-3:2009;

c – допуск на коррозию, как указано на чертежах.

Прочие обозначения см. в 10.2.3.3.1.

Пики могут быть измерены после гидростатического испытания, а избыток наплавленного металла может быть измерен после шлифования, если оно применяется до гидростатического испытания;

– для материалов группы 8.1:

$$P_t = 1{,}85 \cdot P_d \cdot \frac{f_a}{f_{Td}}, \qquad (10.2.3.3.2\text{-}3)$$

если (измеренный пик + 0,5 избытка наплавленного металла) $\leq 0{,}5 \cdot e_{min}$ (10.2.3.3.2-4)

Прилагаемое испытательное давление должно включать величину любого гидростатического напора, действующего при эксплуатации и испытаниях в рассматриваемой точке. Однако статическое давление, вызванное содержимым сосуда во время эксплуатации и/или испытаний, не принимается во внимание, если оно не ведет к увеличению напряжения в стенке более чем на 5 %.

Для сосудов, сооруженных с применением группы испытаний 4, максимальное допустимое напряжение в условиях испытаний (см. EN 13445-3:2009, раздел 6) не должно быть превышено. Это может потребовать увеличения соответствующей толщины или размеров (например, толщины стенки сосуда, фланца, диаметра болтов и т. д.). Категорически запрещается снижать гидростатическое давление ниже указанного уровня.

10.2.3.3.3 В случае многокамерных сосудов каждая камера, если они разработаны в виде отдельных сосудов, проходит испытания с применением соответствующего стандартного испытательного давления без поддержки от давления в соседней камере.

Если общие элементы разработаны для большего дифференциального, чем расчетное давление в соседних камерах, испытательное давление, которому подвергаются общие элементы, должно быть не ниже их расчетного дифференциального давления, а также удовлетворять требованиям для каждой независимой камеры.

Для сосудов, имеющих общие разделительные стенки, которые предназначены для максимального дифференциального давления, которое может возникнуть в ходе запуска, эксплуатации и остановки и когда дифференциальное давление меньше, чем более высокое давление в соседних камерах, общие элементы подвергаются испытательному давлению, рассчитанному в соответствии с 10.2.3.3.1, где P_d и T_d являются совпадающими значениями расчетного дифференциального давления и расчетной температуры для случая максимальной нагрузки от дифференциального давления. Испытательное давление для оборудования, работающего под давлением, сделанного из нескольких сообщающихся секций, является нижней границей испытательных давлений в различных секциях.

10.2.3.3.4 Для сосудов, полностью или частично накрытых кожухом, внутренний сосуд подвергается максимальному дифференциальному давлению, вызванному вакуумом в прилегающей камере. Тот же подход применяется при определении испытательного давления для кожуха.

Поэтому определение испытательного давления, полученного по формулам (10.2.3.3.1-1) и (10.2.3.3.1-2) для полного или частичного вакуума, изменяется путем замены P_d на (P_d + V) в формуле (10.2.3.3.1-1) и P_s на (P_s + V) в формуле (10.2.3.3.1-2)

где V = 0,1 (полный вакуум);

V < 0,1 (частичный вакуум);

V = 0 (без вакуума).

В указанных формулах давление выражается в МПа.

Для сосудов с полным или частичным вакуумом в $^1/_2$ катушки или $^1/_2$ трубы или коробчатыми каналами, сконструированными в соответствии с требованиями EN 13445-3:2009, как показано на рисунке 8.5-11 или 8.5-12, внешнее давление, вызванное вакуумом, нельзя игнорировать при определении испытательного давления.

Там, где это практически возможно, одностенные сосуды, эксплуатирующиеся в условиях, проходят испытанием вакуумом или приложенным внешним давлением для имитации условий вакуума.

Давление, испытываемое в результате внешнего давления или вакуума, должно быть в 1,25 раза больше внешнего расчетного давления, если это возможно, но в любом случае не ниже внешнего расчетного давления.

10.2.3.3.5 Температура жидкости для создания давления должна удовлетворять всем следующим требованиям:

a) быть на 5 K выше точки затвердевания;

b) быть на 10 K ниже точки атмосферного кипения;

c) и быть достаточной температурой, что избежать риска хрупкого разрушения (см. EN 13445-2:2009, приложение B).

Запрещается создавать давление в толстостенных сосудах, пока температура металла приблизительно не сравняется со средой для создания давления. Во время гидростатического испытания наружная поверхность сосуда должна оставаться сухой. Если жесткость материала или компонента налагает ограничение на испытательную температуру в соответствии с приложением B по EN 13445-2:2009 или на скорость повышения давления, это должно учитываться и быть указано в протоколе испытательных данных.

10.2.3.3.6 На всех высоких точках сосуда должны быть предусмотрены вентиляционные отверстия для выпуска возможных воздушных карманов при заполнении сосуда. Должна иметься адекватная вентиляция до дренажа для предотвращения складывания в случае крупных тонкостенных сосудов. Должно быть уделено внимание поддержке сосуда в ходе испытания в целях защиты людей от дополнительных рисков и сосуда от повреждений.

10.2.3.3.7 Стекла смотровых окон должны пройти отдельное контрольное испытание при давлении, в 2 раза большем, чем расчетное давление, до их установки их на сосуд. Во время контрольного испытания сосуда должны быть приняты меры по защите персонала от разлетающихся осколков стекла, например защитные крышки.

10.2.3.3.8 Давление в испытываемых сосудах постепенно увеличивается до величины примерно в 50 % от заданного испытательного давления, затем давление увеличивается ступенчато примерно по 10 % от заданного испытательного давления до его достижения. Необходимое испытательное давление должно поддерживаться в течение не менее 30 мин. Ни на одном этапе к сосуду нельзя приближаться для тщательного изучения, пока давление не будет сброшено по меньшей мере на 10 % до более низкого уровня, чем достигнутый ранее. Давление должно поддерживаться на заданном уровне для близкого изучения достаточно долгое время для обеспечения осмотра всех поверхностей и стыков.

10.2.3.4 Пневматическое испытание

10.2.3.4.1

Примечание 1 – Обращается внимание на национальные правила в отношении опасности, связанной с контрольными испытаниями с использованием сжимаемой среды.

Примечание 2 – Можно рассмотреть использованием акустической эмиссии в ходе испытаний, см. приложение Е.

Из-за опасности, связанной с контрольными испытаниями с использованием сжимаемой среды, особое внимание должно быть уделено таким факторам, как:

a) расположение сосуда и его положение относительно таких факторов, как другие здания, растения, дороги общего пользования и зоны, открытые для общественности, и всего другого оборудования и сооружений в непосредственной близости от испытываемого сосуда;

b) обеспечение в ходе испытаний максимально возможных стандартов безопасности и гарантирование того, что только персонал, участвующий в испытаниях, имеет доступ к испытательному полигону, что если испытания проводятся не в специальном помещении, область в непосредственной близости от полигона является надежно закрытой и используются предупреждающие знаки для обозначения опасной зоны и запрещенных областей;

c) сопротивление материалов сосуда быстрому разрушению и абсолютная необходимость не допускать хрупкого разрушения;

d) температура металла при испытании должна быть как минимум на 25 °C выше температуры при ударе, требуемой в настоящем стандарте, для сосудов, которые ранее не были подвергнуты гидростатическому испытанию при давлении, превышающем испытательное давление пневматического испытания. Обращается внимание на тот факт, что если давление газа снижается на испытываемом сосуде по сравнению с высоким давлением хранения, его температура упадет. Поэтому оборудование для создания давления должно быть таким, чтобы температура газа, поступающего внутрь сосуда, превышала указанную минимальную температуру;

e) степень удаленного контроля, обеспечиваемая в ходе испытаний.

10.2.3.4.2 Давление пневматического испытания должно быть в соответствии с 10.2.3.3.1. Сосуды, испытывающие такое давление, должны находиться в закрытых и ограниченных областях, например в специальной камере (бункере), способных выдержать взрыв или быть надлежащим образом закрепленными в водном резервуаре, и должны быть приняты адекватные меры для предотвращения разброса деталей в случае взрыва. В качестве альтернативы, когда на практике невозможно испытать сосуд, как описано выше, подобные сосуды должны быть испытаны следующими методами НК. Для всех основных сварных соединений требуется 100 % RT или эквивалентные объемных испытаний. Все другие сварные соединения проходят MT или PT, если они не проходят объемные испытания.

10.2.3.4.3 Давление постепенно повышается до значения 50 % от необходимого испытательного давления. После этого давление увеличивается ступенчато приблизительно по 10 % от необходимого испытательного давления до его достижения. Давление затем снижается до контрольного давления P_i:

$$P_i = P_S \frac{f_a}{f_T} \qquad (10.2.3.4.3\text{-}1)$$

и удерживается во время контроля сосуда.

10.2.3.5 Объединенное гидростатическое/пневматическое испытание

10.2.3.5.1 Пневматическое давление прилагается над жидкостью, и ни в одной точке сосуда общее давление, прилагаемое во время испытания, не должно вызывать общее напряжение мембраны, превышающее значение, указанное в EN 13445-3:2009. Применяются все требования, указанные в 10.2.3.4.

10.2.3.5.2 Если во время наполнения, создания предварительного давления и т. д. должны выполняться измерения деформации, не допускается превышение значений, указанных в EN 13445-3:2009.

10.2.3.6 Сосуды с кожухом

Если внутренний сосуд с кожухом предназначен для работы при атмосферном давлении или в условиях вакуума, испытательное давление требуется прилагать только к пространству кожуха. В таких случаях P_s принимается как расчетное дифференциальное давление между кожухом и внутренним сосудом для целей расчета испытательного давления в соответствии с 10.2.3.3 или 10.2.3.4.

10.2.3.7 Испытание на герметичность низким давлением

Если перед гидростатическим или пневматическим приемочным испытанием выполняется испытание на герметичность газом, испытательное давление не должно превышать 10 % от расчетного давления или 0,5 бар в зависимости от того, что меньше. См. также приложение D.

10.2.3.8 Испытательное давление выше 100 бар или температура металла/средняя температура выше 50 °С

В случае контрольных испытаний с использованием воды, испытательное давление при которых превышает 100 бар, или в случае гидростатического испытания со средой, используемой для испытаний при температуре свыше 50 °С, должно соблюдаться одно из следующих условий:

a) контрольные испытания проводятся в помещении или отделении цеха, в которое во время испытания доступ имеет только персонал, участвующий в испытаниях; или

b) если специальное помещение отсутствует, должны использоваться соответствующие приспособления для обеспечения безопасности, например установка защитных стен.

Область в непосредственной близости от испытываемого сосуда, работающего под давлением, должна быть закрыта, и должны применяться предупреждающие знаки для обозначения этой области как опасной зоны и запретной зоны.

Должна быть обеспечена возможность определения показываемого давления на безопасном расстоянии или с безопасной точки. Непосредственное изучение допускается только тогда, когда сосуд, работающий под давлением, подвергается испытательному давлению в течение 30 мин и когда в случае гидростатического испытательного давления давление снижается примерно до допустимого рабочего давления.

10.2.3.9 Критерии приемки

Во время контрольного испытания сосуд не должен проявлять признаки общей пластической деформации. Информация о местной деформации, которая выявляется путем осмотра и является причиной для беспокойства, направляется проектировщику для сверки с проектной спецификацией. Во время контрольного испытания не допускаются утечки из зоны давления.

10.2.3.10 Протоколы

Для каждого контрольного испытания готовится протокол с внесением следующих данных:

– изготовитель сосуда и идентификации сосуда, работающего под давлением;
– имя инспектора и ответственного органа, если применимо;
– испытательное давление;
– среда для создания давления, если используется не вода, и средняя температура;
– время удержания испытательного давления;
– идентификация контрольных приборов для испытания;
– выводы.

Если выполнялась письменная программа испытаний, должна быть сделана ссылка на эту программу.

10.2.3.11 Манометры

При использовании циферблатных и регистрирующих манометров они должны иметь циферблат со шкалой на величину приблизительно вдвое больше предполагаемого максимального давления, но шкала не должна быть менее чем в 1,5 раза и более чем в 4 раза по сравнению с этим давлением.

Если требуются контрольные испытания компонентов, показывающий (ие) прибор (ы) подсоединяются к компоненту или к компоненту от удаленного местоположения, с которого прибор (ы) хорошо виден (ы) оператору, контролирующему давление на протяжении создания давления, испытания и

выпуска воздуха/жидкости из компонента. Для больших судов и систем, если указан или требуется более чем один прибор, рекомендуется использовать регистрирующий прибор и заменять его одним показывающим прибором.

Все используемые показывающие и регистрирующие приборы калибруются с использованием стандартного грузопоршневого манометра, откалиброванного эталонного прибора или ртутного столба и вновь калибруются по крайней мере один раз в год, если иное не указано в настоящем стандарте. Все используемые приборы должны обеспечивать результаты с точностью, соответствующей точности эталона, должны проходить перекалибровку в любое время, если есть основания полагать, что они являются ошибочными.

Ввиду возможности ошибочных показаний манометра запрещается превышать испытательное давление, например его следует контролировать вторым откалиброванным манометром.

10.2.4 Контроль после испытания давлением

Это осмотр, проводимый после испытания давлением и после сушки и чистки сосуда.

Целью контроля является выявление ухудшений в результате испытания давлением. В масштаб контроля также входит установка, если применимо, защитных приспособлений, работа быстрооткрывающихся дверей или аналогичных устройств и применение и точность маркировки, требуемой в соответствии с разделом 11 и утвержденными технологическими чертежами.

Нанесение покрытий на поверхности также включается в этот контроль. Объем осмотров и все отклонения включаются в отчет.

10.2.5 Контроль средств обеспечения безопасности

Для сборок должна выполняться проверка средств обеспечения безопасности в полном соответствии с настоящим стандартом.

11 Маркировка и заявление о соответствии с настоящим стандартом

11.1 Общие положения

Оборудование и принадлежности, изготавливаемые в соответствии со всеми требованиями настоящего стандарта, должны иметь маркировку с указанием номера и года издания настоящего стандарта.

Требуемая маркировка размещается на видном месте так, чтобы она была доступна после установки.

11.2 Метод маркировки

Маркировка выполняется:

– непосредственно тиснением на оборудовании;

– на отдельной табличке с паспортными данными, прочно прикрепленной к оборудованию или принадлежности;

– на панели, кронштейне или конструкции, непосредственно и прочно прикрепленных к оборудованию или принадлежности.

11.2.1 Непосредственное тиснение

Если необходимая маркировка наносится непосредственно на оборудование или принадлежность, применяется штамп с низким уровнем напряжения. Высота символов должна быть не менее 5 мм.

Непосредственное тиснение не используется на оборудовании, изготовленном из:

– стальных пластин толщиной менее 6 мм;

– закаленных и отпущенных материалов толщиной менее 12 мм;

– или в иных случаях, когда запрещено настоящим стандартом.

11.2.2 Табличка с данными

Таблички с данными изготавливаются из материала, пригодного для предполагаемой эксплуатации, с толщиной, достаточной, чтобы выдерживать искажение в связи с применением маркировки и быть совместимыми с методом крепления. Минимальная толщина – не менее 1 мм.

Маркировка выполняется символами высотой не менее 5 мм и получается методом литья, травления, чеканки, выдавливания, штамповки или гравировки, включая идентификацию EN 13445.

Маркировка может применяться до прикрепления таблички с данными на оборудование при условии, что изготовитель сосуда гарантирует применение таблички с данными для правильного оборудования.

Табличка с данными прикрепляется таким образом, чтобы удаление требовало умышленного разрушения таблички или системы ее крепления.

Табличка с данными должна оставаться видимой и легкочитаемой в течение всего срока службы сосуда.

11.3 Единицы маркировки

Единицы измерения, используемые в маркировке или тиснении на оборудовании и принадлежностях, должны следовать СИ. Для давления используется единица – бар.

11.4 Содержание маркировки

Табличка с данными должна содержать следующую информацию. Как минимум требования перечислений а) и б) ниже должны быть полностью обозначены в маркировке. В зависимости от типа оборудования требования перечисления с) должны быть обозначены.

а) Все оборудование

1) Административная информация:

– название или обозначение и адрес изготовителя сосуда;

– ссылка на настоящий стандарт, т. е. EN 13445, а также применимое издание.

Примечание – Маркировка EN 13445 означает, что все применимые части были применены;

– год выпуска;

– тип и идентификация серии или партии и серийный номер, идентифицирующий оборудование.

2) Технические характеристики:

– максимально допустимое давление P_s, бар;

– максимально допустимая температура $T_{s\,max}$, °С;

– минимальная допустимая температура $T_{s\,min}$, °С.

b) В зависимости от типа оборудования дополнительная информация:

– идентификации жидкостей, в том числе предупреждающие знаки, если применимо;

– расчетное давление P_d, бар;

– расчетная температура T_d, °С;

– испытательное давление P_t, бар, и дата;

– внутренний объем, л;

– установленное давление защитных устройств, бар;

– выходная мощность оборудования, кВт;

– напряжение питания, В;

– предполагаемое использование;

– коэффициент наполнения, кг/л;

– максимальная масса наполнения, кг;

– масса тары, кг;

– группа жидкости;

– съемные детали, увязанные с оборудованием, частями которого они являются.

с) Где необходимо, предупреждения, прикрепленные к оборудованию, работающему под давлением, привлекающие внимание к возможному неправильному использованию, которое, как показывает опыт, может произойти.

11.5 Заявление о соответствии стандарту

Письменное заявление о соответствии стандарту должно быть основано на соответствующей форме согласно приложению Н.

12 Протоколы

12.1 Тип записей

Записи будут варьироваться в зависимости от типа и сложности сосудов, работающих под давлением, однако, насколько применимо, должны быть охвачены следующие элементы:

– индекс записей для каждого сосуда, работающего под давлением, против его серийного идентификационного номера;

– технические характеристики оборудования;

– анализ опасностей изготовителя;
– план работ по проектированию и изготовлению;
– проектные расчеты и чертежи (в том числе список всех чертежей со статусом рассмотрения);
– оценка проекта, утверждение проекта (если применимо);
– приемка модели, утверждение типа (если применимо);
– табличный перечень материалов, используемых в сосуде, работающем под давлением;
– сертификация материалов, включая присадочные материалы;
– процедуры обеспечения прослеживаемости материала;
– планы обеспечения качества (если применимо) или план проведения испытаний;
– процедуры формования;
– данные, связанные с подготовкой составных частей (например, формование, снятие фасок);
– перечни используемых утвержденных технических условий процесса сварки и утвержденных сварщиков и/или сварщиков-автоматчиков;
– перечень всех субподрядных услуг или деталей;
– результаты испытаний пробных образцов (если применимо);
– перечень использованных процедур НК и квалифицированного персонала;
– протоколы НК (в том числе рентгенограммы);
– процедуры и результаты PWHT (графики «время/температура»);
– копии отчетов о несоответствии, процедуры ремонта;
– протокол окончательного исследования и исследования после испытания давлением;
– протокол контрольного испытания;
– отчет проверки на соответствие размеров (исходное состояние конструкции);
– запись о маркировке и информации на табличке с паспортными данными (отпечаток, фотографии или иное);
– копия письменного заявления о соответствии настоящему стандарту;
– инструкции по эксплуатации в соответствии с CEN/TS 764-6:2004.

12.2 Контроль и доступ к записям

Указанные записи должны быть легкодоступными всем соответствующим органам, см. CR 13445-7:2002 (приложение С).

Все документы должны быть разборчивыми и полностью отождествимыми с соответствующим сосудом, работающим под давлением. Записи должны быть защищены от разрушения и повреждения.

12.3 Хранение записей

После завершения сосуда, работающего под давлением, тиснения и сертификации изготовитель сосуда или его агент несет ответственность за сохранность всех записей в течение минимального периода – 10 лет. В течение этого периода подобные записи должны быть легкодоступными соответствующим национальным органам, ответственным за контроль в течение срока эксплуатации оборудования.

Перед уничтожением записей изготовитель сосуда должен предложить записи пользователю сосуда, работающего под давлением, если подобные записи будут сочтены существенными национальными органами, осуществляющими контроль в течение срока службы, или требуется сохранить их на весь срок эксплуатации сосуда, работающего под давлением. В качестве альтернативы изготовитель сосуда и покупатель согласовывают хранение записей на этапе заказа, и в этом случае дополнительные контакты после 10 лет не требуются.

13 Транспортировка

Изготовитель сосуда несет ответственность за обеспечение всех необходимых средств защиты от повреждения или порчи при транспортировке и/или хранении, включая предоставление заготовок, защитных покрытий, адекватных опор, продувку сжатым азотом т. д.

Приложение А
(обязательное)

Контроль и испытания серийно производимых сосудов, работающих под давлением. Приемка модели

А.1 Введение

Если проектирование, изготовление, контроль и испытания сосудов, работающих под давлением, соответствуют настоящему стандарту, те же процедуры могут быть использованы для производства других элементов той же модели без повторного рассмотрения конструкторской и технологической документации. Должна иметься письменная приемка модели, основанная на результатах контроля и испытаний прототипа.

В данном приложении описан уровень контроля и испытаний серийно производимых сосудов, работающих под давлением, в соответствии с настоящим стандартом, допускающий снижение уровня НК при серийном производстве.

Пользователи данного приложения должны обратить внимание на то, что они должны выполнять все требования EN 13445-5:2009, если в данном приложении особо не оговорено иное. В данном приложении есть особые требования, которые включают ограничения модели (А.3) и наличие приемки модели (А.5), которые должны выполняться, если необходимо реализовать требования по контролю и испытаниям (А.7 – А.8).

См. 6.6.1 в случае проектирования путем анализа.

Примечание – См. раздел 3 данной части о терминах и определениях, которые относятся конкретно к серийно производимым сосудам, работающим под давлением, описываемым в рамках данного приложения.

А.2 Ограничения для сосудов, которые допускается классифицировать как серийно производимые

Сосуды, работающие под давлением, производимые серийно на основании приемки модели, могут проходить контроль и испытания, как описано в А.7, при условии удовлетворения следующих ограничений.

a) Проектирование и сооружение сосудов, за исключением случаев, указанных в данном приложении, ограничивается группой испытаний 2b или 3b (таблица 6.6.1-1) и группами материалов 1.1, 1.2 и 8.1.

b) Расчетное давление сосуда не превышает 30 бар и произведение этого давления и емкости сосуда ($P_S V$) не превышает 10 000 бар·л. Диаметр сосуда не превышает 1,5 м, номинальная длина (между касательными) не превышает 3,5 м, а толщина стенок корпуса не превышает 16 мм.

c) Все главные сварные соединения выполнены полностью механизированным или автоматизированным процессом сварки.

d) Идентификационные номера сосудов содержат суффикс «А», обозначающий, что они были изготовлены в соответствии с данным приложением и стандартом.

e) Количество сосудов должно быть 10 или больше.

f) Должен иметься в наличии план обеспечения качества или производства (А.6).

А.3 Ограничения для модели

Сосуды считаются одной модели, если они:

a) изготовлены по одинаковым техническим условиям, с одинаковыми условиями эксплуатации и с одинаковым методом поддержки;

b) изготовлены одним изготовителем по одинаковой технологии;

c) имеют одинаковую геометрическую форму, за исключением изменений в положении сопла, не влияющих на конструкцию сосуда;

d) имеют одинаковую спецификацию материала, как указано в технической документации, или выбор спецификации материала согласно ограничениям в технической документации и соответствующей аттестации сварочных работ;

e) имеют одинаковые сварочные материалы/присадочные материалы, допустимые аттестации сварочных работ;

f) имеют вариации в диаметре и/или толщине стенки до +10 %, ограниченные общим напряжением и диапазоном аттестации сварочных работ;

g) имеют одинаковую длину, диаметр и толщину стенки в случае внешнего давления;

h) имеют вариации в длине, за исключением элементов, влияющих на размер смотровых отверстий или соображений проектирования, допускается до +150 %;

i) имеют отверстия сопла одинакового типа (т. е. изменения ориентации сопла, приемлемые при условии того, что они не влияют на расчетный показатель);

j) имеют одинаковую компоновку трубной решетки для котлов и теплообменников;

k) имеют одинаковую группу классификации жидкостей.

А.4 Испытание прототипов

Контроль и испытания проводятся для каждого сосуда-прототипа, представляющего единую приемку модели.

А.5 Приемка модели

Если сосуд-прототип удовлетворяет требованиям настоящего стандарта, выдается приемка модели. Приемка модели должна содержать все необходимые данные для идентификации утвержденной модели, выводы экспертизы, а также перечень соответствующих частей технической документации.

Все изменения в приемке модели должны быть оценены в целях обеспечения того, что они не влияют на соответствие настоящему стандарту или предписанным условиям использования. Оценки должны быть задокументированы на дополнительном свидетельстве, прослеживаемом к оригинальной приемке модели.

А.6 План обеспечения качества или производства

Перед началом производства изготовитель составляет подробный план производства или обеспечения качества. В подобном плане должны быть указаны точки контроля или отбора образцов и частота испытаний. В плане должно иметься положение о повторном контроле отбракованных или переработанных компонентов. План должен обеспечить следующее:

a) материалы, используемые в изготовлении сосудов, соответствуют указанным стандартам на материалы;

b) все переменные в технологии производства, которые нарушают целостность сосуда, указываются, проходят мониторинг и контроль;

c) испытания и контроль сосуда производятся с частотой, приведенной в настоящем стандарте, с использованием подходящих методов испытаний;

d) четко прописываются функции контроля в организационной структуре изготовителя.

А.7 Контроль, неразрушающий контроль и испытания давлением

А.7.1 Введение

Контроль производственной деятельности должен, как правило, быть в соответствии с 6.1 со следующими дополнительными требованиями, отражающими аспекты в отношении серийно производимых сосудов, работающих под давлением.

В следующих пунктах описаны требования и альтернативные процедуры, допустимые для определения уровней НК серийно производимых сосудов.

Подход, описанный в А.7.2, является общей процедурой, приемлемой для сосудов, для групп испытаний 2b и 3b.

Процедура, описанная в А.7.3, является альтернативным подходом, который допускается только для серийно производимых сосудов, работающих под давлением, для группы испытаний 3b.

А.7.2 Общая процедура для серийно производимых сосудов, работающих под давлением

А.7.2.1 Первый сосуд в каждой серии

Контроль и неразрушающий контроль первого сосуда в серии следующий:

a) вся длина всех сварных швов на 100 % испытывается по методам, указанным в таблице 6.6.3-2, и критериям приемлемости, приведенным в таблице 6.6.3-1;

b) окончательная оценка, включая контрольное испытание в соответствии с 10.2.

A.7.2.2 Первые сосуды в каждой партии

a) Как минимум 50 % всех сварных швов испытываются по методам, указанным в таблице 6.6.3-2, и критериям приемлемости, приведенным в таблице 6.6.3-1.

b) Последующие сосуды в каждой партии, за исключением случаев, разрешенных в A.7.2.3, оцениваются по меньшей мере 20 % всех сварных швов.

A.7.2.3 Сокращенный НК на сосудах в каждой партии на основании удовлетворительных результатов НК

За исключением случаев, запрещенных в A.7.2.4, и на основании удовлетворительных результатов НК для по крайней мере 10 сосудов в партии требования A.7.2.2, перечисление b), могут быть дополнительно сокращены до следующего уровня:

a) каждое продольное и кольцевое сварное соединение проходит радиографический или ультразвуковой контроль по одному на каждый сосуд с длиной не менее 150 мм и не менее 10 % от готовых сварных швов за смену. Эта доля включает в себя пересечение продольных и кольцевых сварных соединений так, чтобы 10 % пересечений за смену прошли изучение;

b) по меньшей мере 10 % от длины сварных швов приспособлений должны пройти контроль магнитопорошковым методом или методом проникающего красителя.

A.7.2.4 Положения, касающиеся дальнейших корректировок объема НК

A.7.2.4.1 Уменьшенный объем НК

Если производство считается стабильно удовлетворительным, допускается снижение объема НК с 10 % до 5 %.

Производство считается стабильно удовлетворительным, если не более трех неприемлемых недостатков были обнаружены в предыдущих 25 сосудах из той же партии, прошедших неразрушающий контроль. Любые неприемлемые недостатки подлежат ремонту и повторному изучению в соответствии с 6.6.6.

A.7.2.4.2 Увеличенный объем НК

a) Положения A.7.2.3 и A.7.2.4.1 увеличиваются, если более чем три неприемлемых недостатка выявлены в предыдущих 100 сосудах из той же партии, прошедших неразрушающий контроль.

Объем НК увеличивается следующим образом:

1) до 15 %, если частота контроля была 10 %;

2) до 10 %, если частота контроля была 5 %.

Уровень, указанный в A.7.2.4.2, поддерживается, пока количество неприемлемых недостатков в последовательных 25 сосудах из партии не упадет ниже 4.

b) Если количество неприемлемых недостатков превысит 10 в непосредственной партии из 25 сосудов, то после проведения расследования и исправления случая производство начинается как новая партия согласно A.7.2.2.

A.7.3 Альтернативная процедура определения уровня НК для серийно производимых сосудов, работающих под давлением, только группа испытаний 3b

Для серийно производимых сосудов, изготовленных из материалов 1.1, 1.2 и 8.1, группы испытаний 3b, с эффективностью сварки 0,85, следующий альтернативный маршрут может быть использован вместо указанного в A.7.2:

A.7.3.1 Общий уровень НК

Объемные испытания 100 % продольных швов:

– первого сосуда в начале каждой смены и последнего сосуда каждой смены;

– дополнительно 100 % продольных швов каждого 25-го сосуда.

Сосуды, для которых выполняются объемные испытания продольного сварного соединения, подлежат также 10%-ному объемному изучению кольцевых швов и всех Т-образных соединений. Если кольцевые сварные соединения выполняются не в той же числовой последовательности, что и продольные сварные соединения, то кольцевые объемные испытания проводятся для первого и последнего кольцевого сварного соединения за смену и Т-образных соединений тех же судов.

A.7.3.2 Положения, касающиеся дальнейших корректировок уровней НК

a) В случае неприемлемого изолированного недостатка применяется следующее:

1) дефект исправляется, а сварной шов проходит 100%-ное повторное испытание;

2) швы того же типа в двух дополнительных сосудах, один до и один после, проходят испытание на 100 %;

3) в случае дальнейших неприемлемых изолированных недостатков количество сварных швов, проходящих испытания, удваивается.

b) В случае множественных дефектов сварные швы этого типа за ту же смену проходят 100%-ное испытание, пока дефекты не перестанут появляться. Кроме того, следующий сосуд проходит испытание для подтверждения.

A.7.4 Испытание давлением для серийно производимых сосудов, работающих под давлением

Каждый сосуд проходит испытание давлением в соответствии с 10.2.3, за исключением серийно производимых сосудов категории опасности I, которые можно испытывать на статистической основе в соответствии с A.11.

A.8 Критерии приемки

A.8.1 Изолированные недостатки

Если дефект выявляется в ходе частичного неразрушающего контроля сосуда, выполняются повторное изучение и ремонт в соответствии с 6.6.6. Однако недостатки, выявленные в регионах пересечений изучаемого сосуда, рассматриваются как представляющие шов, в котором они находятся.

A.8.2 Множественные недостатки

A.8.2.1 Если выявляется повторение недопустимых недостатков в том же шве сосуда при изучении всего шва, сосуды, произведенные непосредственно перед и после данного сосуда, в партии также проходят изучение тех же сварных швов в соответствии с процедурой, описанной в 6.6.6 для неразрушающего контроля.

A.8.2.2 Если в соответствующих швах этих двух сосудов не выявлено неприемлемых недостатков, дополнительные специальные изучения не проводятся.

A.8.2.3 Если выявляются неприемлемые недостатки в любом из предшествующих или последующих сосудов, дальнейшие сосуды в последовательности проходят оценку в соответствии с A.7.2, пока не выявляется сосуд без недопустимых недостатков.

A.9 Маркировка

Все сосуды проходят контроль перед отправкой, чтобы обеспечить соответствие маркировки разделу 11. На сосуды должна быть нанесена маркировка «A», обозначающая, что они были изготовлены в соответствии с настоящим приложением.

Если проходит время между испытанием давлением и отправкой, например хранение сосуда, должны быть приняты меры по недопущению повреждения или ущерба за переходный период. Если была прикреплена временная табличка с данными, постоянная табличка с данными должна соответствовать во всех отношениях разделу 11.

A.10 Документация/сертификация

Заявление о соответствии настоящему стандарту выдается для каждого сосуда. В заявлении должен быть четко указан серийный номер соответствующего сосуда. Причины отсутствия номеров в серии должны быть четко указаны.

Отчеты о производстве, описанные в разделе 12, должны сохраняться.

A.11 Испытание давлением с использованием статистической базы для сосудов серийного производства

Испытания давлением с использованием статистической базы могут проводиться только при выполнении всех следующих условий:

a) материалы ограничиваются только группами материалов 1.1, 1.2 и 8.1;

b) главные сварные соединения допускают значимое изучение объема.

A.11.1 Общий уровень НК

Все сосуды должны пройти визуальный, магнитопорошковый и объемный контроль на 100 % всех сварных швов. Контроль проводится в соответствии с требованиями, указанными в 6.6.3.

А.11.2 Усталость

Усталостный ресурс сосуда не должен превышать 500 циклов.

А.11.3 Критерии приемки

Если в ходе НК выявлены неприемлемые недостатки, сосуд должен быть изъят из классификации серийно производимого, а также отремонтирован и проконтролирован как индивидуальный сосуд в соответствии с 6.6.6.

А.11.4 Испытания давлением на основе статистической базы

Все испытания давлением проводятся на основе следующей базы:

– первый сосуд в начале каждой смены и последний сосуд каждой смены;

– каждый пятый сосуд или план статистического отбора, который будет давать доверительный предел 95 %.

Если один сосуд не выдерживает испытания давлением, все сосуды в этой партии проходят испытание давлением. Если другие сосуды в этой партии не выдерживают испытания давлением, предшествующие и последующие партии полностью проходят испытание давлением.

А.11.5 Маркировка

Все сосуды проходят контроль перед отправкой, чтобы обеспечить соответствие маркировки разделу 11. На сосуды наносится маркировка «ТС 54 “A-S”», чтобы обозначить, что они были изготовлены в соответствии с настоящим приложением, но испытаны в соответствии с положениями статистической базы. На табличке с характеристиками должно быть четко указано, что испытание давлением не проводилось. Также должно быть указано испытательное давление, используемое для контроля в процессе эксплуатации.

Приложение B
(обязательное)

Подробные требования в отношении размеров сосудов, работающих под давлением

Особое внимание должно быть уделено включению следующей информации в различные элементы для облегчения расчетов и оценки конструкции:

– днища: радиус свода, радиус внутреннего угла или эллипсоидальная форма плюс минимальная толщина после формирования и внутренний/наружный диаметр, метод формования и термообработки;

– цилиндрический свод-оболочка: толщина, диаметр, допуск на линейное совмещение, если применимо;

– фланцы (включая заглушки): тип, стандарт и номинал или, если специальные: минимальная толщина, диаметр отверстия в свету, наружный и внутренний диаметры, размеры втулки и облицовочные детали и сварные детали; дополнительный НК, если вырезаны из пластинчатого материала;

– болтовое соединение: диаметр, тип резьбы, длина болта, количество болтов, глубина присоединительной резьбы для шпилек и толщина металла между низом отверстий под шпильки и поверхностью, воспринимающей давление;

– прокладки: тип, номинал, материал, толщина, внутренний и наружный диаметры и данные установки прокладки;

– сопла: толщина стенки (минимальная), наружный диаметр, метод крепления на сосуде, размеры и проекция на сосуд; нагрузки, которые должны быть указаны, если применимо; расположение отверстий по отношению друг к другу и основных сварных соединений;

– сварные швы: сварные профили и размеры плюс сведения о размерах подготовки шва, например зазор, толщина притупления, угол подготовки;

– усиливающие пластины для сопел, опор, проушин для подъема груза и т. д.: размеры пластины, в том числе длина × ширина × толщина и радиус углов, в том числе угла усиливающих пластин опоры, плюс информация о выпускном отверстии;

– трубные решетки (теплообменники): размещение отверстий, т. е. шаблон, количество отверстий, размеры труб (например, наружный диаметр и толщина стенки), минимальная толщина решетки, информация о сварных швах;

– крышки: размеры, включая минимальную толщину, размер болтовых отверстий в свету и диаметр окружности центров отверстий;

– конические секции: включенный угол конуса, радиус стыка с корпусом (если применимо); диаметр больших и меньших концов конуса, минимальная толщина и длина прямой конуса;

– опоры (горизонтальный сосуд): расчет по номерам, включая количество и толщину ребер жесткости и фланцев, опорной плиты, фундаментный болт, шаг и диаметр отверстий, расстояние от касательной линии днищ до центра опор, расстояние между опорами и высота осевой линии сосуда для опорной ноги опорной плиты;

– опоры (вертикальный сосуд): размеры юбки, включая диаметр, высоту, толщину, способ крепления к корпусу, днищу; если используются опоры, расчет по номерам, толщина ребер жесткости, высота и т. д., диаметр опорного кольца, внутренний и внешний, толщина, количество и шаг отверстий под фундаментные болты и диаметр;

– подъемные проушины: расчет по номерам, толщина, диаметр отверстия, угол подъема, размеры проушин, расположение проушин;

– плоские пластины: длина, ширина и толщина, включая характеристики распорки (сечение, количество, шаг, сварные детали), если установлена;

– сильфоны: жесткость пружины, давление, диаметр, допустимые осевые, боковые и угловые перемещения, допустимое количество циклов;

– предохранительные клапаны: количество, размер и установленное давление и пропускная способность; технические характеристики/код и утверждение; минимальная площадь потока;

– внутренние детали: сварные детали (сварные швы к стенкам сосудов);

– допуски: в том числе специальные допуски, если применимо;

– разрывная мембрана: тип, включая корпус, номинал.

Приложение С
(обязательное)

Отверстия для обслуживания и контроля, закрывающие механизмы и специальные элементы блокировки

С.1 Общие положения

Все сосуды должны иметь отверстия адекватного размера и количества, обеспечивающие доступ для внутреннего осмотра и очистки.

Количество, размер и расположение смотровых отверстий должны соответствовать требованиям, приведенным в пунктах 2 и 3.

Если по конструктивным соображениям размеры высоты отверстий должны быть превышены, диаметр отверстий должен быть увеличен, чтобы обеспечить постоянную видимую площадь.

Пределы по высоте горловин или колец, указанные в подпункте 2, могут быть превышены, если внутренние размеры увеличиваются соответственно. Кольца и горловины конической формы должны иметь наклон менее 15°; для наклонов менее 15° применяются пределы для цилиндрической формы. Отверстия для обслуживания и контроля типа, в котором внутреннее давление прижимает металлическую накладку к плоской прокладке, имеют суммарный зазор между горловиной или кольцом и гладким концом или выемкой в таких крышках, не превышающий 3 мм, т. е. 1,5 мм со сторон, а глубина гладкого конца должна быть достаточной для захвата прокладки.

С.2 Типы и размеры отверстий для обслуживания и контроля

С.2.1 Смотровые отверстия

Смотровые отверстия – это отверстия с внутренним диаметром не менее 50 мм (большие смотровые отверстия); смотровые отверстия с внутренним диаметром 30 мм (малые смотровые отверстия) могут быть приняты для малых сосудов. Высота фланцев не должна превышать диаметр отверстия.

С.2.2 Отверстия для руки

Отверстие для руки для чистки должно быть не менее 80 × 100 мм или должно иметь внутренний диаметр 100 мм.

Отверстие для руки для осмотра должно быть не менее 100 × 150 мм или должно иметь внутренний диаметр 120 мм. Высота горловины или кольца не должна превышать 65 или 100 мм, если горловина или кольцо имеет коническую форму.

С.2.3 Отверстия для головы

Отверстия для головы – это отверстия, через которые одновременно проходят голова, рука и лампа. Размеры отверстия для головы должны быть не менее 220 × 320 мм или внутренний диаметр 320 мм. Высота горловины или кольца не должна превышать 100 или 120 мм в случае конической формы.

С.2.4 Люки

Люки – это отверстия, через которые человек, не несущий дополнительного оборудования, может попасть в сосуд и выйти из него. Размеры люка должны быть не менее 320 × 420 мм или внутренний диаметр 420 мм. Высота горловины или кольца не должна превышать 150 мм, если минимальный диаметр менее 460 мм или по крайней мере 460 × 410 мм овальной формы.

С.2.5 Спасательные люки

Спасательные люки – это отверстия, позволяющие входить и выходить лицу со спасательным и защитным оборудованием. Они должны быть 600 мм в диаметре. Если по конструктивным соображениям не представляется возможным добиться отверстия 600 мм, размер спасательного люка может быть уменьшен до менее 500 мм, если высота горловины не превышает 250 мм. В этом случае специальное оборудование должно обеспечить безопасный доступ внутрь сосуда.

С.3 Типы, местоположение и минимальное количество отверстий для обслуживания и контроля

Отверстия для контроля должны позволять по возможности выполнять контроль продольных и кольцевых швов изнутри сосуда и областей особо высоких напряжений и рисков.

Областями высоких напряжений являются, например, угловые соединения, переломы и области вокруг крупных отверстий.

Областями с высокой степенью риска являются, например, отстойник жидкости или дно сосуда, площадь уровня жидкости и районы, где может происходить коррозия или эрозия, как показывает опыт.

Типы, местоположение и минимальное количество отверстий для контроля, требуемые для всех сосудов, за исключением сферических сосудов, должны быть в соответствии с таблицей С.3-1, для сферических сосудов – с таблицей С.3-2. Могут потребоваться дополнительные отверстия для контроля, если по конструктивным соображениям доступ не представляется возможным.

Съемные концы или крышки, фланцевые соединения, с которых могут сниматься трубопроводы, приборы или аналогичные приспособления, могут заменить другие отверстия для обследования, если благодаря их размерам и положению представляется общий вид внутреннего пространства, по меньшей мере эквивалентный получаемому благодаря контрольным отверстиям, которые потребовались бы в противном случае.

Таблица С.3-1 – Типы и минимальное количество отверстий для обслуживания и контроля в сосудах, кроме сферических сосудов

Внутренний диаметр D_i, мм	Длина цилиндрической секции L, мм	Минимальное количество и тип отверстий
$D_i \leq 300$	$L \leq 1\,000$	Одно малое смотровое отверстие на каждом конце
	$L > 1\,000$	Одно малое смотровое отверстие на каждом конце. Расстояние между осью смотровых отверстий и какой-либо частью исследуемого шва не превышает 500 мм. Если это не так, должно быть обеспечено дополнительное крупное смотровое отверстие [a]
$300 < D_i \leq 450$	$L \leq 1\,500$	Два больших смотровых отверстия, одно рядом или на каждом конце или одно отверстие для руки [a] в центральной трети цилиндрической секции
	$L > 1\,500$	Одно отверстие для руки возле каждого конца цилиндрической секции [a] или на концах. Расстояние между осью отверстий для руки и какой-либо частью исследуемого шва не превышает 750 мм. Если это не так, должно быть обеспечено дополнительное отверстие для руки [a]
$450 < D_i \leq 840$	$L \leq 1\,500$	Одно большое смотровое отверстие и одно отверстие для руки, по одному рядом или на каждом конце
	$1\,500 < L \leq 3\,000$	Одно отверстие для головы в центральной трети цилиндрической части или отверстия для руки, как в случае $300 < D_i \leq 450$, $L > 1\,500$
	$L > 3\,000$	Количество отверстий для контроля увеличивается так, чтобы максимальное расстояние между осью отверстия для головы и любой частью исследуемого сварного шва не превышало 1 500 мм (1 000 мм для отверстий для руки). Отверстия для руки располагаются как минимум возле каждого конца цилиндрической секции или на концах
$840 < D_i \leq 1\,200$	$L \leq 2\,000$	Одно отверстие для головы в центральной трети цилиндрической секции, или два отверстия для руки, по одному рядом с каждым концом цилиндрической секции или на концах, или один люк
	$L > 2\,000$	Один люк или отверстия для головы, как и в случае $D_i \leq 840$, $L > 3\,000$

Окончание таблицы С.3-1

Внутренний диаметр D_i, мм	Длина цилиндрической секции L, мм	Минимальное количество и тип отверстий
$D_i > 1\ 200$		Один люк или один спасательный люк в случае необходимости
Примечание – Требования к спасательным люкам или люкам разных размеров для особых случаев представляет покупатель. Если предусмотрены другие варианты, выбор остается на усмотрение изготовителя.		
[a] Смотровые отверстия и отверстия для руки должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить обзор продольного шва.		

Таблица С.3-2 – Типы и минимальное количество отверстий для обслуживания и контроля в сосудах сферической формы

Внутренний диаметр D_i, мм	Минимальное количество и тип отверстий
$D_i \leq 450$	Два больших смотровых отверстия или одно отверстие для руки
$450 < D_i \leq 840$	Одно отверстие для руки или одно отверстие для головы
$840 < D_i \leq 1\ 200$	Одно отверстие для головы или один люк
$D_i > 1\ 200$	Один люк или один спасательный люк в случае необходимости
Примечание – Требования к спасательным люкам или люкам разных размеров для особых случаев представляет покупатель. Если предусмотрены другие варианты, выбор остается на усмотрение изготовителя.	

С.4 Альтернативные требования к смотровым отверстиям на малых сосудах

Для сосудов, имеющих внутренний диаметр меньше или равный 300 мм, требования в С.2 и С.3 и таблице С.3-1 могут быть изменены следующим образом:

a) внутренний диаметр смотровых отверстий должен быть достаточно большим, чтобы обеспечивать очистку внутренней поверхности и не может быть менее 19 мм для сосудов с внутренним диаметром до 300 мм включительно;

b) если через эти небольшие смотровые отверстия внутренняя поверхность не видна полностью, помимо осмотра, выполняется дополнительный метод контроля, который должен быть описан изготовителем в его инструкциях.

С.5 Закрывающие механизмы и специальные элементы блокировки

С.5.1 Цель

Данный пункт касается требований ко всем видам закрывающих устройств.

С.5.2 Определения

С.5.2.1 открывающие и закрывающие устройства (opening and closing devices): Части сосуда, которые могут быть удалены для оперативных действий, например: изучения, сушки или вентиляции, наполнения или опорожнения.

С.5.2.2 быстродействующие открывающие и закрывающие устройства (quick opening and closing devices): Все типы открывающих и закрывающих устройств с единым управлением, которые могут открываться и закрываться быстрее, чем устройство с несколькими элементами блокировки, каждый из которых требует индивидуального управления.

С.5.3 Конструкционные материалы, конструкция

Открывающие и закрывающие устройства должны быть сконструированы и изготовлены таким образом, чтобы их герметичность обеспечивалась даже в условиях испытательного давления и чтобы их нельзя было открыть случайно, когда они находятся под давлением.

Должны использоваться подходящие материалы из тех, которые допускаются в EN 13445-2:2009 для всех открывающих и закрывающих устройств. Применяются конструкционные требования EN 13445-3:2009 и технологические требования EN 13445-4:2009.

В открывающих и закрывающих устройствах с несколькими элементами блокировки эти части должны быть сконструированы и обработаны так, чтобы в условиях эксплуатации нагрузка равномерно распределялась между ними.

При определении допустимого давления на единицу площади открывающих и закрывающих устройств (например, кулачки на открывающих и закрывающих устройствах байонетного типа) как качество поверхности (т. е. обработанная), так и выравнивание кулачков байонетов (например, выравнивание механической обработкой) должны быть приняты во внимание.

Для полностью механически обработанных и выровненных элементов можно использовать задание равномерности распределения нагрузки 100 % от допустимого на единицу площади.

Для не полностью механически обработанных допустимый уровень на единицу площади не должен превышать 75 %.

Для учета возможного ослабления закрывающих элементов вследствие износа или коррозии рассчитанные размеры должны быть увеличены на адекватные допуски.

Для открывающих и закрывающих устройств с более чем тремя элементами блокировки теоретическая, т. е. расчетная стрессовая нагрузка, действующая на каждый элемент блокировки, должна быть увеличена по меньшей мере на 20 %.

Если содержимое сосуда взрывоопасное, легковоспламеняющееся, токсичное, окисляющее или коррозионно-активное, принимаются специальные меры проектирования для обеспечения герметичности открывающего и закрывающего устройства. Крышки должны быть сконструированы таким образом, чтобы прокладки невозможно было выдавить. В случае утечки через уплотнение должны быть приняты меры при проектировании для безопасной вентиляции или эвакуации содержимого, чтобы свести к минимуму последствия утечки.

Прокладки должны быть замкнутыми кольцами или сальниками с несколькими кольцами материала.

Для внутренних крышек, которые крепятся с помощью хомута и центрального болта, зазор до кромки отверстия не должен превышать следующих значений:

a) 3 мм для давлений ≤ 32 бар;

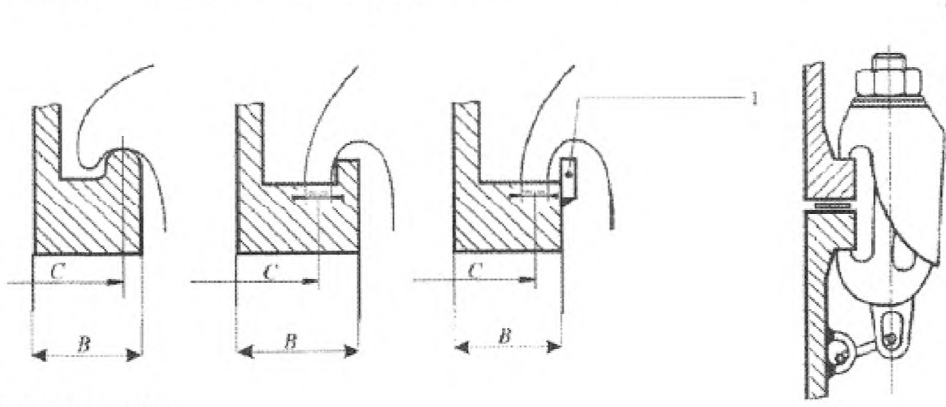
b) 2 мм для давлений > 32 бар.

С.5.4 Винтовые зажимы

Винтовые зажимы, см. рисунок С.5.4-1, должны быть проверены на пригодность.

Они должны быть защищены от соскальзывания и должны быть прикреплены к сосуду так, чтобы могли упасть при откидывании.

Количество, размер и качество винтовых зажимов каждого закрывающего элемента указывается на табличке с данными изготовителя на сосуде.

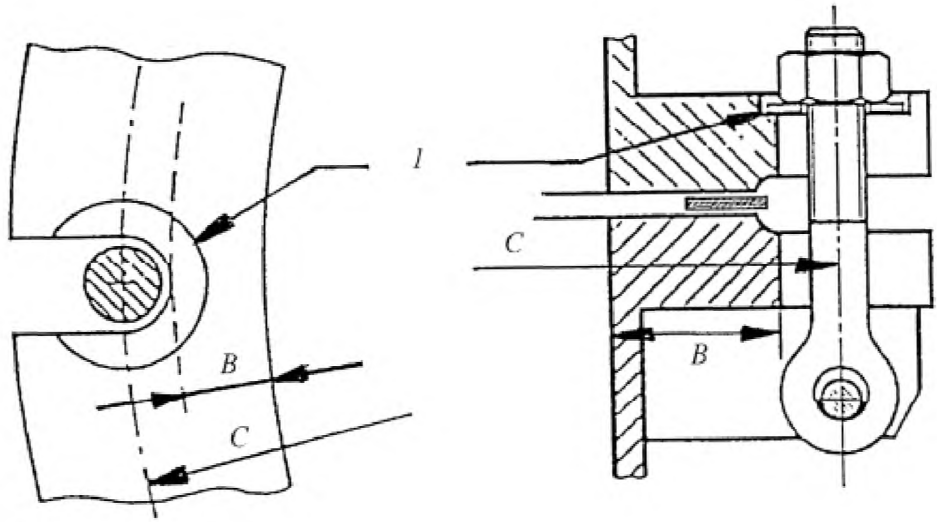


1 – прижимное кольцо;
B – ширина фланца (мм);
C – диаметр окружности центров отверстий под болты (мм).

Рисунок С.5.4-1 – Фланцы, собранные с винтовыми зажимами, с типичными примерами защиты от соскальзывания

С.5.5 Откидные болты

Откидные болты, которые откидываются в гнезда (например, рым-болты), должны быть защищены от соскальзывания, см. рисунок С.5.5-1. Гайки и шайбы должны иметь опору по всей поверхности вне гнезда.



1 – защита от соскальзывания;
B – ширина фланца (мм);
C – диаметр окружности центров отверстий под болты (мм)

Рисунок C.5.5-1 – Фланцы, собранные с откидными болтами

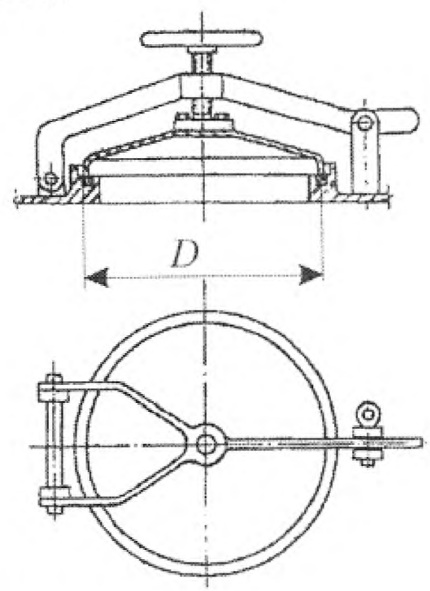
C.5.6 Ригельные запоры

Этот вид запора, см. рисунок C.5.6-1, состоит из наружной крышки, подвешенной с одной стороны и закрываемой на противоположной стороне, с одним или несколькими закрывающими элементами (например, зажимные винты).

Ригельные запоры для наружных крышек конструируются таким образом, что, когда зажимное устройство открыто, крышка поднимается до того, как можно снять ригель.

Средний диаметр прокладки или ригельного запора не должен превышать:

a) 500 мм для давлений ≤ 3,0 бар;
b) 350 мм для давлений > 3,0 бар.



D – средний диаметр прокладки (мм)

Рисунок C.5.6-1 – Ригельный запор

С.5.7 Быстродействующие открывающие и закрывающие устройства

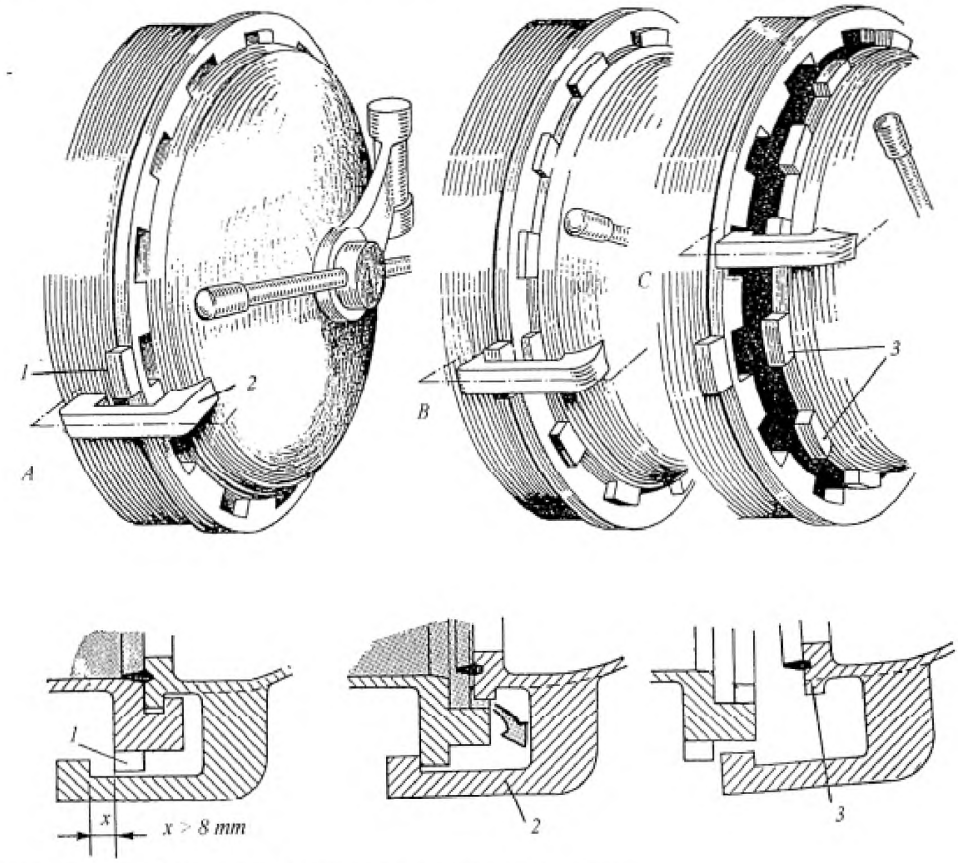
С.5.7.1 Общие положения

Термин «быстродействующие открывающие и закрывающие устройства» охватывает в основном:
– байонетные затворы;
– устройства с центральным запиранием;
– кольцевые затворы;
– байонетные затворы, рассчитанные на прокладки для больших диаметров, чем указанные в С.5.6;
– замки заслонок и т. п.

Типичными для устройств, рассматриваемых в настоящем пункте, являются открывающие и закрывающие устройства со следующими характеристиками:
– с механическим или ручным управлением;
– с движением, инициируемым управляющими импульсами, подаваемыми вручную или автоматически;
– с функцией, которая может контролироваться автоматически.

Открывающие и закрывающие устройства с более чем одним винтовым соединением не подпадают под действие настоящего пункта.

Пример быстродействующего открывающего и закрывающего устройства показан на рисунке С.5.7-1.



A – дверь закрыта, фиксирующий кулачок в окончательной позиции;
B – дверь удерживается закрытой предохранительным крюком, снижение остаточного давления;
C – возможно открытие двери, предохранительный крюк и фиксирующие кулачки в свободном состоянии;
1 – предохранительный крюк;
2 – блокирующий элемент;
3 – фиксирующий кулачок

Рисунок С.5.7-1 – Типичный пример быстродействующего открывающего и закрывающего устройства

С.5.7.2 Конструкция

В открывающих и закрывающих устройствах с ручным управлением крышка или дверь, а также запорный элемент перемещаются вручную в положение закрытия или блокировки. Блокирующие элементы – это, например, болты, защелки, кулачки, кольца и фиксирующие диски, которые, когда приведены в действие, не позволяют двери или крышке открыться.

В открывающих и закрывающих устройствах с механическим управлением крышка или дверь, а также запорный элемент перемещаются в положение закрытия или блокировки от внешней энергии. Открывающие и закрывающие устройства с механическим управлением не требуют специального элемента блокировки, если блокировка обеспечивается за счет других средств проектирования и конструкции, например, с помощью соответствующих направляющих устройств, которые не дают крышке или двери открыться.

В открывающих и закрывающих устройствах с несколькими элементами блокировки эти элементы должны достигать своего окончательного положения определенно и одновременно.

С.5.7.3 Предохранительные устройства

С.5.7.3.1 Общие положения

Быстродействующие открывающие и закрывающие устройства должны быть сконструированы и расположены таким образом, чтобы:

– их функция не страдала или не нарушалась из-за содержимого сосуда;

– они были защищены от несанкционированных действий неуполномоченных лиц;

– техническое обслуживание и проверки функциональности были возможными в любое время.

Все движущиеся части, которые могут привести к аварии, должны быть сконструированы и/или иметь защиту таким образом, чтобы люди были вне опасности.

На движущихся частях должны быть предохранительные устройства, например:

– крышки или ограждения на приводных механизмах;

– контактные упоры на раздвижных дверях;

– бесконтактные барьеры;

– устройства управления импульсного контакта на дверях и крышках с механическим приводом.

С.5.7.3.2 Предотвращение создания давления

Сосуды с быстрооткрывающимися крышками или дверями для доступа должны быть оснащены устройствами, которые обеспечивают, что в сосуде невозможно создать давление, если дверца не закроется полностью, фиксирующий механизм не сработает полностью и начальная загрузка не будет полностью приложена к уплотнительному элементу.

В механизмах с несколькими соединенными элементами блокировки эти элементы должны достигать своего окончательного положения определенно и одновременно.

Механизмы блокировки с ручным управлением считаются выполняющими это требование, если после операции закрытия крышка или дверь закрыта, элементы блокировки находятся на месте и обеспечен мониторинг их окончательной позиции.

Мониторинг элементов блокировки может быть достигнут, например, путем:

a) сигнального устройства давления (например, небольшого отверстия внутри сосуда), которое можно закрыть, только когда элементы блокировки находятся в положении блокировки;

b) устройства блокировки между механизмом блокировки двери и системой создания давления;

c) концевого выключателя с дистанционным управлением нагнетательного патрубка на сосуде или дыхательных клапанов. Устройства сигнализации превышения давления в зависимости от отверстия должны иметь внутренний диаметр не менее 8 мм. Если есть риск блокировки, должна быть предусмотрена возможность вручную снимать блокировку без опасности для оператора.

Для блокировочных устройств, если давление подается от внешнего источника, блокировка должна быть расположена между запирающим механизмом двери и клапаном впуска жидкости, создающей давление.

Если давление поднимается в результате ввода энергии в сосуд, должна иметься возможность блокировки между запирающим механизмом двери и источником энергии. Если для создания давления применяется насос, не должны иметься возможности для насоса создавать давление в системе, если предохранительный механизм двери полностью сработал.

Механизмы с силовым приводом считаются выполняющими это требование, если осуществляется мониторинг закрытого положения крышки или двери так, чтобы давление в сосуде можно было создать только тогда, когда крышка или дверь полностью закрыта и запирающий механизм полностью включен, как это указано изготовителем.

С.5.7.3.3 Сброс давления

Сосуды с быстрооткрывающимися дверями для доступа должны быть оснащены устройствами, которые обеспечивают изоляцию источника давления и вентилирование сосуда для снижения внутреннего давления до атмосферного перед освобождением запора или механизма фиксации двери.

Анализ рисков должен учитывать влияние выпускаемой жидкости на оператора.

С.5.7.3.4 Предупреждение об остаточном давлении и температуре

Сосуды, оснащенные быстрооткрывающимися дверями для доступа, должны быть оснащены устройствами, которые:

a) предупреждают оператора об остаточном давлении, остающейся жидкости, которая может вытечь, и технологической жидкости при небезопасной температуре;

b) обеспечивают снижение температуры технологической жидкости до безопасного уровня или полное удаление токсичных жидкостей, которые могут вытечь из сосуда перед тем, как может быть освобожден затвор или механизм фиксации двери.

Этого можно достичь путем обеспечения индикаторов и сигнальных устройств так, чтобы не подвергать опасности лицо, проводящее испытание.

Если дверной уплотнитель склонен к прилипанию, должны быть предусмотрены устройства, которые либо:

1) разрывают уплотнение перед освобождением блокирующих устройств;

2) ограничивают открытие двери до 8 мм, пока не достигнуто безопасное остаточное давление.

Это требование может быть достигнуто благодаря приборам и мерам контроля. В этом случае действуют также следующие требования:

i) проводится мониторинг снижения давления до безопасного уровня с помощью двух независимых датчиков давления;

ii) сигнал открыть дверь или крышку подается только тогда, когда дыхательный клапан достиг открытого положения и был подан сигнал для равновесия между внутренним и внешним давлением.

Если один из этих сигналов не прерывается в течение следующего цикла изменения давления, процесс переводится в безопасное состояние и:

a) в случае отключения электроэнергии или отказа среды управления (например, технологического воздуха) все процессы прекращаются или контролируются таким образом, чтобы не пострадали люди;

b) если возможно откинуть крышку или дверь, устанавливается одно из устройств, указанных в С.5.7.3.5.

Примечание – Давление считается безопасным, если силы, возникающие на двери в результате действия давления, слишком малы, чтобы привести к серьезным травмам людей, стоящих перед ними в случае ее неконтролируемого открытия.

Аналогичным образом, если сосуд содержит иные материалы, в контейнерах или иным образом в дополнение к технологической жидкости также должна контролироваться их температура.

Это может быть достигнуто с помощью механизма блокировки, включающего датчик температуры, находящийся в той части сосуда или содержимого, которое, как ожидается, продолжит быть при максимальной температуре в конце процесса.

С.5.7.3.5 Ограничение перемещения двери

Сосуды, оснащенные быстрооткрывающимися дверями для доступа, должны быть оснащены устройствами, которые обеспечивают предотвращение резкого открытия затвора под действием остаточного давления в сосуде.

Это может быть достигнуто путем установки крышки или двери с предохранительным устройством, обеспечивающим:

a) невозможность открытия крышки или двери;

b) необходимость для процесса открытия нескольких последовательных манипуляций или нескольких оборотов вручную так, чтобы крышку или дверь можно было открыть только при достижении безопасного уровня остаточного давления.

Каждая дверь с силовым приводом должна быть обеспечена не менее чем одним легкодоступным размещенным на видном месте отключающим устройством. Эти устройства не должны иметь самовозврат. При срабатывании этих устройств:

a) вследствие остаточного движения двери не должно создаваться опасности;

b) все прочие компоненты, относящиеся к безопасности, должны вернуться в безопасное состояние, например клапаны, уплотнения и т. п., используемые для управления потоком жидкости;

c) должно потребоваться использование специального инструмента, ключа или кода, чтобы сбросить устройство отключения в целях восстановления нормальной системы управления, и такие сбросы не должны создавать опасность.

C.5.7.3.6 Надувные или активируемые давлением уплотнения

Дополнительные требования, изложенные ниже, установлены для затворов дверей с надувными или активируемыми давлением уплотнениями.

a) прокладки, использующие вспомогательное усилие герметизации, не должны рассматриваться как элементы блокировки;

b) люди не должны подвергаться опасности во время наращивания, освобождения или непреднамеренной потери вспомогательного усилия герметизации;

c) прокладки должны подвергаться давлению только тогда, когда элемент блокировки достиг положения полного включения;

d) клапан, позволяющий жидкости под давлением попадать внутрь сосуда, должен открываться только усилием герметизации прокладки его расчетного значения;

e) в процессе открывания двери сигнал «дыхательный клапан открыт, нет давления в сосуде» (например, от двух датчиков давления) должен инициировать шаг «сбросить вспомогательное усилие герметизации» до разблокировки крышки или двери;

f) устройство должно быть установлено таким образом, что если давление уплотнения двери упадет ниже минимального давления, указанного изготовителем, то:

– поступление жидкости в сосуд станет невозможным;

– работа прекращается и переходит в безопасное состояние;

– индицируется состояние неисправности;

– дверь остается закрытой;

– не создается опасность.

C.5.7.4 Испытания

Функции в соответствии с требованиями настоящего стандарта должны быть испытаны в рамках окончательного испытания сосуда, работающего под давлением, на мощностях изготовителя. Если это невозможно, он испытывается в условиях установки сосуда, работающего под давлением, до ввода в эксплуатацию.

Все быстродействующие открывающие и закрывающие устройства, которые используются в серийно производимых сосудах, проходят процедуру приемки модели.

В случае быстродействующих открывающих и закрывающих устройств, для которых не используется процедура приемки модели и используется в одном из сосудов, они должны проходить только оценку проекта и функциональные испытания перед началом эксплуатации.

C.5.7.5 Маркировка

На каждое устройство наносится маркировка со следующей информацией:

a) идентификация изготовителя;

b) идентификация устройства;

c) идентификация ограничения эксплуатационных параметров и температур.

C.5.7.6 Инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию

Изготовитель составляет и передает покупателю/пользователю инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию для персонала по эксплуатации.

Эти инструкции должны содержать как минимум следующую информацию:

– интервалы технического обслуживания. Они должны указываться и соблюдаться;

– то, что пользователь должен сохранять протоколы технического обслуживания;

– проверки закрывающего механизма на деформацию, износ, повреждения и т. д. и указания по замене изношенных деталей, которые могут оказаться необходимыми;

– по необходимости изготовитель предписывает меры и, если требуется, также допуски. Заменяемые изнашиваемые детали должны быть четко определены в руководстве по техническому обслуживанию с их обозначением и спецификацией материалов, которые должны соответствовать рассмотрению или утверждению типа;

– что иные материалы могут быть использованы только после предварительной консультации с производителем быстродействующего открывающего и закрывающего устройства и после должного рассмотрения особых условий эксплуатации.

– что технический персонал должен получить адекватные инструкции и подготовку для безопасной эксплуатации;

– что инструкция по эксплуатации системы должна быть в печатном виде и быть в наличии на месте эксплуатации сосуда.

Приложение D
(справочное)

Испытания на герметичность

D.1 Общие положения

Критерии выбора подходящего метода испытаний на герметичность приведены в EN 1779:1999. Испытание пузырьковым методом описано в EN 1593, испытание гелием на утечку – в EN 13185, а испытание изменением давления – в EN 13184.

Любое испытание на герметичность при низком давлении должно проводиться перед испытанием гидростатическим давлением.

D.2 Персонал, проводящий испытания на герметичность

Персонал, выполняющий испытания на герметичность, должен быть квалифицирован в соответствии с EN 473:2008.

Приложение E
(справочное)

Акустическая эмиссия

E.1 Общие положения

Технология акустической эмиссии, описанная в данном приложении, не предназначена для замены обязательных испытаний и требований к исследованию, но выступает в качестве дополнительной меры для пневматических испытаний и комбинированных гидростатических/пневматических испытаний.

Метод может применяться для сосудов, работающих под давлением, простой геометрии, например сфер и цилиндров с плоскими или выпуклыми днищами, и не применяется для сосудов, работающих под давлениями, с прерывистой формой и сосудов, работающих под давлением, с соединениями внахлестку и/или сварными швами на подкладках.

E.2 Полезные стандарты

Следующие стандарты применяются к акустической эмиссии:

EN 1330-9 Контроль неразрушающий. Терминология. Часть 9. Термины и определения, применяемые при испытании акустической эмиссией

EN 13554 Контроль неразрушающий. Акустическая эмиссия. Общие принципы

EN 13477-1 Контроль неразрушающий. Контроль с применением акустической эмиссии. Характеристика оборудования. Часть 1. Описание оборудования

EN 13477-2 Контроль неразрушающий. Контроль с применением звуковой эмиссии. Характеристика оборудования. Часть 2. Проверка рабочих параметров

EN 14584 Контроль неразрушающий. Акустическая эмиссия. Акустическая эмиссия во время контрольных испытаний

E.3 Персонал, выполняющий испытания акустической эмиссией

Персонал, выполняющий испытания акустической эмиссией, должен быть квалифицирован в соответствии с EN 473:2008.

E.4 Дополнительные требования

Подготовка, проведение испытания и отчетность должны выполняться в соответствии с EN 14584. Количество датчиков должно быть достаточным для достижения 100%-ного мониторинга по объему испытываемого оборудования, работающего под давлением.

Скорость создания давления не должна превышать 1 % от максимального испытательного давления в минуту.

Измерение продолжается также в ходе сброса давления до достижения давления P_l для визуального контроля оборудования, работающего под давлением.

Таблица E.4-E.1 – Значения K (для определения максимально допустимых расстояний между датчиками)

	Предел текучести (МПа)	
	275 – 355	> 355
Значение K	12 дБ	6 дБ

Примечание 1 – Для групп материалов 8, 9, 10 и 11 значения K должны быть указаны в письменной процедуре (на основе базы данных или лабораторных испытаний).

Примечание 2 – Для испытаний многократной нагрузкой и разгрузкой и второго нагружения сосуда, работающего под давлением, значение K увеличивается на 6 дБ.

Приложение F
(обязательное)

Контроль и испытания сосудов или их частей, работающих под давлением, подверженных ползучести

F.1 Общие положения

Для сосудов или частей сосудов, подверженных ползучести, уровень качества B согласно EN ISO 5817:2007 является эталонным уровнем качества максимально допустимого недостатка в этих областях. Отсутствие недостатков поверхности (отсутствие подрезов, вогнутости обратной стороны шва и непровара) и необходимость плавного перехода являются существенными. Кроме того, недостатки формы, такие как образование пиков, могут быть критическими и должны соблюдаться производственные допуски, установленные в EN 13445-4:2009. В частности, не должна быть превышена максимальная высота пиков согласно EN 13445-4:2009 или значение, допускаемое методами проектирования согласно EN 13445-3:2009.

Неразрушающий контроль (НК) в данном приложении основан на общих требованиях испытаний подгрупп 1c и 3c, как определено в таблице F.2-1.

Если мониторинг в течение срока службы является проектным решением, любая процедура контроля и испытаний должна быть частью инструкций по применению, подготовленных изготовителем.

Примечание – Изготовитель также может предписывать дополнительные испытания. Эти испытания указываются в инструкциях по применению.

F.2 Объем контроля и испытаний

В дополнение к требованиям 6.6.2 все области, подверженные ползучести, должны пройти НК в соответствии с таблицей F.2-1.

Таблица F.2-1 – Объем неразрушающего контроля

Тип шва [a]			Испытание [b]	Объем для группы испытаний	
				1c	3c
				Объем для основных материалов	
				1 – 10	1.1, 1.2, 8.1, 8.2, 9.1, 9.2, 10
Стыковой сварной шов с полным проваром	1	Продольные соединения	PT или UT MT или PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	2a	Кольцевые соединения на корпусе	RT или UT MT или PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	3a	Кольцевые соединения на сопле d_i > 150 мм или e > 16 мм	RT или UT MT или PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	4	Кольцевые соединения на сопле $d_i \leq$ 150 мм или $e \leq$ 16 мм	RT или UT MT или PT	25 % 100 %	25 % 25 %
	5	Все сварные швы в сферах, головках и полусферических головках корпусов	RT или UT MT или PT	100 % 25 %	25 % 25 %
	6	Сборка конической оболочки с цилиндрической оболочкой без перелома (больший конец конуса) [p, q]	RT или UT MT или PT	100 % 100 %	25 % 100 %
	7	Сборка конической оболочки с цилиндрической оболочкой без перелома (меньший конец конуса)	RT или UT MT или PT	100 % 25 %	25 % 25 %

Окончание таблицы F.2-1

Тип шва [a]			Испытание [b]	Объем для группы испытаний	
				1c	3c
				Объем для основных материалов	
				1 – 10	1.1, 1.2, 8.1, 8.2, 9.1, 9.2, 10
Сборка плоской головки или трубной решетки с цилиндрическим корпусом Сборка фланца или бурта с корпусом	9	С полным проваром	RT или UT MT или PT	100 % 100 %	25 % 25 %
Сборка фланца или бурта с соплом	12	С полным проваром	RT или UT MT или PT	100 % 25 %	25 % 25 %
Сопло или патрубок [c]	15	С полным проваром d_i > 150 мм или e > 16 мм	RT или UT MT или PT	100 % 100 %	25 % 25 %
	16	С полным проваром d_i ≤ 150 мм или e ≤ 16 мм	RT или UT MT или PT	100 % 100 %	25 % 25 %
Концы труб в трубной решетке	20		MT или PT	100 %	25 %
Постоянные приспособления [d]	21	С полным проваром	RT или UT MT или PT	25 % g 100 %	25 % 100 %
Области, сохраняющие давление, после снятия временных приспособлений	22		MT или PT	100 %	100 %
Футеровка сваркой [e]	23		MT или PT	100 %	100 %
Ремонты	24		RT или UT MT или PT	100 % 100 %	100 % 100 %

[a] См. рисунок 6.6.2.3.
[b] RT – радиографический контроль, UT – ультразвуковой контроль, MT – магнитопорошковый контроль, PT – контроль проникающим веществом.
[c] Процентная доля в таблице относится к общей длине сварного шва всех сопел, см. 6.6.2, перечисление b).
[d] PT или UT не применяется для толщины шва ≤ 16 мм.
[e] Объемные испытания, если имеется риск растрескивания покрытия из-за основного материала или тепловой обработки.

F.3 Выполнение НК и критерии приемки

В таблице F.3-1 приведены метод, характеристики и критерии приемки. Эта таблица основана на EN 12062:1997.

Таблица F.3-1 – НК. Методы, приемы, характеристики, критерии приемки для сосудов и частей сосудов, подверженных ползучести

Методы НК (сокращения)	Методики	Характеристика	Критерии приемки
Визуальный контроль (VT)	EN 970:1997	EN ISO 5817:2007 (недостатки поверхности)	EN ISO 5817:2007 (недостатки поверхности, уровень приемки B) [c]

Окончание таблицы F.3-1

Методы НК (сокращения)	Методики	Характеристика	Критерии приемки
Рентгенографический (RT)	EN 1435:1997 (класс B)	EN 12517-1:2006 и дополнительно таблица 6.6.4-1	EN 12517-1:2006, уровень приемки 1 + таблица 6.6.4-1
Ультразвуковой контроль (UT)	EN 1714:1997 (класс B [a])	EN 1713:1998 [b]	EN 1712:1997, уровень приемки 2 + не допускаются плоскостные недостатки поверхности
Контроль проникающим веществом (PT)	EN 571-1:1997 + параметры испытаний по EN 1289:1998, таблица A.1, уровень приемки 1	EN 1289:1998	EN 1289:1998, уровень приемки 1
Магнитопорошковый контроль (MT)	EN 1290:1998 + параметры испытаний по EN 1289:1998, таблица A.1, уровень приемки 1	EN 1291:1998	EN 1291:1998, Уровень приемки 1

[a] Для толщины > 100 мм требуется класс C или D.
[b] EN 1713:1998 является лишь рекомендацией.
[c] Дополнительные требования для следующих недостатков:
– случайная дуга (601) – удаление плюс 100%-ный MT или PT в целях обеспечения отсутствия недостатков;
– брызги металла (602) – брызги металла должны быть устранены со всех частей, подверженных давлению, и швов принадлежностей, несущих нагрузку. Изолированные случайные брызги допускаются на компонентах, изготовленных из материалов группы 1;
– рваная поверхность (603), след шлифования (603), зарубка (605) должны быть отшлифованы до получения плавного перехода;
– утонение металла (606) не допускается. Любое локальное утонение металла должно быть соотнесено с конструктивными характеристиками (расчетная толщина + допуск на коррозию).

F.4 Протоколы

В дополнение к требованиям 12.3 для сосудов или частей, предназначенных для работы в условиях ползучести, все протоколы НК хранятся в течение всего расчетного срока службы сосуда.

Приложение G
(обязательное)

Контроль и испытания сосудов, работающих под давлением, подверженных циклическим нагрузкам

G.1 Общие положения

Чтобы избежать усталостного повреждения в случае циклического нагружения, требуются более строгие требования к контролю и испытаниям, которые необходимы для критических областей сосудов, работающих под давлением, т. е. областей, которые могут ограничить срок службы сосуда для neq > 500 полного диапазона или эквивалентных циклов изменения давления (см. EN 13445-3:2009, пункт 17.2.16 или 18.10.5 для определения критических областей).

Чтобы учесть это, уровень качества B согласно EN ISO 5817:2007 является эталонным уровнем качества максимально допустимых недостатков сварных швов в этих областях.

Для циклически нагружаемых сосудов отсутствие недостатков поверхности (отсутствие подрезов, вогнутости обратной стороны шва и непровара для сварных швов с полным проваром) и необходимость плавных переходов являются существенными. Допускаются только плавные переходы, см. EN 13445-3:2009, рисунок 18-7.

Кроме того, недостатки формы, такие как образование пиков, могут быть критическими, и не должна быть превышена максимальная высота пиков согласно EN 13445-4:2009, пункт 5.4.4, или значение, допускаемое в анализе усталости в разделах 17 и 18 в EN 13445-3:2009 и указанное ниже.

Эти требования к испытаниям дополняют общие требования к испытаниям сосудов, основанные на группах испытаний сосудов 1, 2 или 3.

Все критические области должны быть четко обозначены в проектной документации, см. EN 13445-3:2009 и раздел 5 настоящего стандарта.

G.2 Объем контроля и испытаний

В дополнение к требованиям 6.6.2 все критические области проходят 100%-ный контроль, визуальный и неразрушающий, на предмет как поверхностных, так и объемных недостатков (6.6.3.3 и 6.6.3.4).

G.3 Выполнение и критерии приемки

В таблице G.3-1 приведены метод, характеристики и критерии приемки. Эта таблица основана на EN 12062:1997.

Таблица G.3-1 – НК. Методы, приемы, характеристики, критерии приемки для критических областей циклически нагружаемых компонентов

Методы НК (сокращения)	Методики	Характеристика	Критерии приемки
Визуальный контроль (VT)	EN 970:1997	EN ISO 5817:2007 (недостатки поверхности)	EN ISO 5817:2007 [c] (недостатки поверхности – уровень приемки B)
Рентгенографический (RT)	EN 1435:1997 (класс B)	EN 12517-1:2006 и дополнительная таблица 6.6.4-1	EN 12517-1:2006, уровень приемки 1 + таблица 6.6.4-1
Ультразвуковой контроль (UT)	EN 1714:1997 (класс не ниже B [a])	EN 1713:1998 [b]	EN 1712:1997, уровень приемки 2 + не допускаются плоскостные недостатки поверхности

Окончание таблицы G.3-1

Методы НК (сокращения)	Методики	Характеристика	Критерии приемки
Контроль проникающим веществом (PT)	EN 571-1:1997 + параметры испытаний по EN 1289:1998, таблица A.1, уровень приемки 1	EN 1289:1998	EN 1289:1998, уровень приемки 1
Магнитопорошковый контроль (MT)	EN 1290:1998 + параметры испытаний по EN 1289:1998, таблица A.1, уровень приемки 1	EN 1291:1998	EN 1291:1998, уровень приемки 1

[a] Для толщины > 100 мм требуется класс C или D.
[b] EN 1713:1998 является лишь рекомендацией.
[c] Дополнительные требования для следующих недостатков:
– случайная дуга (601) – удаление плюс 100%-ный MT или PT в целях обеспечения отсутствия недостатков;
– брызги металла (602) – брызги металла должны быть устранены со всех частей, подверженных давлению, и швов принадлежностей, несущих нагрузку. Изолированные случайные брызги допускаются на компонентах, изготовленных из материалов группы 1;
– рваная поверхность (603), след шлифования (604), зарубка (605) должны быть отшлифованы до получения плавного перехода;
– утонение металла (606) не допускается. Любое локальное утонение металла должно быть соотнесено с конструктивными характеристиками (расчетная толщина + допуск на коррозию).

G.4 Техническая документация, дополнительные требования

Требуются вспомогательные подробные сборочные чертежи для четкого обозначения критических областей, определенных в ходе анализа усталости конструкции. Кроме того, в чертежах также приводятся максимально допустимая величина пиков и другие критические недостатки.

Составляется протокол испытаний с указанием измеренных значений пиков и других критических недостатков, обозначенных на чертежах.

Приложение H
(справочное)

Заявление о соответствии настоящему стандарту

<table>
<tr><td colspan="2">ЗАЯВЛЕНИЕ ИЗГОТОВИТЕЛЯ О СООТВЕТСТВИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СОСУДА, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ</td><td>Документ №.....</td></tr>
<tr><td>Сосуд, работающий под давлением

Описание</td><td colspan="2">Категория
Использованный модуль оценки соответствия
Общий компоновочный чертеж №
Год выпуска

Предохранительные клапаны</td></tr>
<tr><td>Объем (л)
Максимальное допустимое давление (бар)
Максимальная допустимая температура (°C)
Минимальная допустимая температура (°C)
Содержание
Допуск на коррозию (мм)</td><td colspan="2">Емкость
Установленное давление
Дата</td></tr>
<tr><td colspan="3">ПРОЕКТИРОВАНИЕ</td></tr>
<tr><td>Ответственный орган</td><td colspan="2">Название
Адрес
Идентификационный номер</td></tr>
<tr><td>Утверждение проекта</td><td colspan="2">Номер
Дата</td></tr>
<tr><td>Тип свидетельства об утверждении</td><td colspan="2">Номер
Дата
Дата</td></tr>
</table>

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ	
Ответственный орган	Название Адрес Идентификационный номер Номер Дата
Сертификат	
СИСТЕМА КАЧЕСТВА	
Ответственный орган	Название Адрес Идентификационный номер Номер Дата
Сертификат оценки системы	
ПРИМЕНЯЕМАЯ ВЕРСИЯ EN 13445	
Год издания: 2009	Последнее изменение/включенный выпуск
Нижеподписавшийся заявляет о том, что проектирование, изготовление и контроль данного сосуда, работающего под давлением, соответствуют требованиям EN 13445 Дата: ..... Имя:..... Должность: Печать компании: Подпись:	

Рисунок Н.1 – Заявление о соответствии изготовителя

Приложение I
(справочное)

Особые испытания во время сооружения для оказания содействия в контроле в течение срока службы

I.1 Общие положения

В данном приложении представлены указания по испытаниям, которые могут проводиться во время изготовления в целях представления исходных данных для проведения контроля в течение срока службы. Его следует рассматривать в соответствии с приложением M EN 13445-3:2009.

I.2 Металлографическое исследование

Металлографическое исследование сварных соединений и основного материала может быть использовано для регистрации структуры исходного материала и оценки старения материала при будущих исследованиях. Применяются следующие требования:

– реплики выполняются в конце процесса изготовления (после всех процессов термообработки, сварки и т. п.);

– количество и объем реплик должны быть представительными для критических регионов для повреждения при ползучести, например сварных швов, испытывающих высокие напряжения и температуры;

– места реплик должны включать основной материал, зону термического влияния и свариваемый материал. Областям большего напряжения и температуры следует отдать предпочтение;

– реплики должны храниться надлежащим образом в течение всего срока службы сосуда.

I.3 Измерения твердости

Измерения твердости сварных соединений и основного материала могут быть использованы для регистрации состояния исходного материала и оценки старения материала при будущих исследованиях. Применяются следующие требования:

– измерения твердости выполняются в конце процесса изготовления (после всех процессов термообработки, сварки и т. п.);

– количество и объем измерений твердости должны быть репрезентативными для размера и сложности сосуда, работающего под давлением, и критических регионов для повреждения при ползучести;

– записи твердости должны храниться надлежащим образом в течение всего срока службы сосуда.

I.4 Определения размеров

Высокоточные измерения диаметра компонентов, рассчитанных на эксплуатацию в условиях ползучести, могут производиться во время изготовления в целях оценки развития ползучей деформации.

Точность измерения диаметра должна быть следующей:

– диаметр до 100 мм – 0,01 мм;

– 100 < диаметр ≤ 500 мм – 0,02 мм;

– 500 < диаметр ≤ 1 000 мм – 0,05 мм;

– диаметр > 1 000 мм – 0,1 мм.

Также могут выполняться измерения окружности или иные ключевые измерения.

Приложение Y
(справочное)

Различия между EN 13445-5:2002 и EN 13445-5:2009

Издание EN 13445-5 2009 года содержит издание стандарта 2002 года и все изменения и дополнения, опубликованные за прошедшее время.

Наиболее важные изменения включают:

– адаптацию определения испытательного давления для стандартного гидростатического испытания;

– условия, при которых возможно непосредственное определение;

– методологию для определения испытательного давления, когда прямое определение не представляется возможным;

– ситуации, когда испытательное давление превышает максимальное давление для случаев испытательной нагрузки отдельных частей сосуда. В случае снижения испытательного давления могут потребоваться дополнительные испытания;

– добавление особых требований к сосудам (или частям сосудов), подверженным ползучести;

– информацию в технической документации (раздел 5);

– группы испытаний 1c и 3c (раздел 6 и приложение H);

– определения испытательного давления (раздел 10);

– особые испытания во время сооружения для оказания содействия в контроле в течение срока службы (приложение I);

– уточнение условий испытаний для сварных соединений: нормальные соединения, для которых применяются текущие требования к испытаниям, содержащиеся в таблице 6.6.2-1, и прочие соединения, такие как однопроходные сварные швы с одной стороны. Для последних требуется дополнительный НК. В качестве альтернативы этот дополнительный НК можно заменить испытанием давлением при более высоком давлении, чем определенное в 10.2.3.3.1;

– требования к сосудам (или частям сосудов), сконструированным по методу Design by Analysis – Direct Route приложения B к EN 13445-3:2009 или сконструированным по альтернативному маршруту для сталей в соответствии с пунктом 6.3 EN 13445-3:2009: допускается только группа испытаний 1; приложение A (серийно производимые сосуды, работающие под давлением) неприменимо.

Приложение ZA
(справочное)

Соответствие между настоящим европейским стандартом и существенными требованиями Директивы 97/23/ЕС об оборудовании, работающем под давлением

Настоящий европейский стандарт подготовлен согласно поручению, данному CEN Европейской комиссией и Европейской ассоциацией свободной торговли, в целях обеспечения соответствия существенным требованиям Директивы ЕС 89/686/ЕЕС Нового подхода к оборудованию, работающему под давлением.

После того как настоящий стандарт внесен в Официальный журнал Европейского союза в соответствии с данной директивой и имплементирован в качестве национального стандарта по меньшей мере одним государством-членом, соответствие разделам настоящего стандарта, указанным в таблице ZA.1, подразумевает выполнение соответствующих существенных требований данной директивы и соответствующих норм ЕАСТ в пределах области применения настоящего стандарта.

Таблица ZA.1 – Соответствие между настоящим европейским стандартом и Директивой 97/23/ЕС об оборудовании, работающем под давлением

Пункт (ы)/подпункт (ы) настоящего стандарта	Существенные требования (ER) Директивы 97/23/ЕС об оборудовании, работающем под давлением	Квалификационные отметки/примечания
4	3.1	Технология производства
5	33 b)	Техническая документация
6.2	3.1	Технологические процессы и сборочные чертежи
6.3	3.1.5	Прослеживаемость материалов
6.4	3.1.1	Подготовка частей компонентов
6.5	3.1.2	Постоянное соединение
6.6, приложения A, F, G	3.1.3	Внутренний и поверхностный дефект
6.7	3.1	Разрушающий контроль
6.8	3.1.4	Термообработка
7	3.1	Технология производства
10	3.2	Окончательная оценка
10.2.1, приложения A, F, G	3.2.1	Выходной контроль
10.2.2	3.2.1	Рассмотрение документации
10.2.3	3.2.2	Контрольное испытание
11	3.3	Маркировка
12	33 b)	Документация
Приложение C	2.5	Опорожнение и вентиляция
C.2, C.3 и C.4	2.4 и 2.5	Средства изучения
C.5	2.3	Положения по обеспечению безопасного обращения и эксплуатации
C.5	2.9	Положения, касающиеся наполнения и опорожнения

Внимание: К продукции, подпадающей под область применения настоящего стандарта, могут применяться другие требования и другие директивы ЕС.

Библиография

[1] EN 1593 Контроль неразрушающий. Испытания на герметичность. Пузырьковый метод

[2] EN 13184 Контроль неразрушающий. Испытания на герметичность. Метод изменения давления

[3] EN 13185 Контроль неразрушающий. Испытания на герметичность. Метод с применением контрольного газа

[4] EN ISO 17662 Сварка. Калибровка, верификация и валидация оборудования, используемого в сварке, включая вспомогательные виды деятельности (ISO 17622:2005)

Ответственный за выпуск *В. Л. Гуревич*

Сдано в набор 31.05.2010. Подписано в печать 08.06.2010. Формат бумаги 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Arial. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 17,20 Уч.- изд. л. 8,97 Тираж экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:
Научно-производственное республиканское унитарное предприятие
«Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС)
ЛИ № 02330/0552843 от 08.04.2009.
ул. Мележа, 3, комн. 406, 220113, Минск.

gost.e-ecolog.ru