

Execuția și montarea unui tub etambou cu funcționare în condiții de vibrații

Fabrication and mounting of a stern tube functioning under vibrations

Andrei-Angelo Midan^{1*}, Traian Țunescu², Bebe Adrian Olei³, Ionel Baloșin⁴

¹Universitatea din Craiova / University of Craiova, PhD student

²Universitatea din Craiova / University of Craiova, PhD student

³Universitatea din Craiova / University of Craiova

⁴Universitatea din Craiova / University of Craiova

Rezumat

Lucrarea prezintă aspectele tehnologice legate de asamblarea prin sudare a tubului etambou de la o navă fluvială. Tubul etambou este o structură de a cărei geometrie depinde funcționarea arborelui port-elice și protejarea cârmei / cârmelor navei. În componența tubului etambou intră 3 elemente care trebuie centrate și trebuie să își păstreze circularitatea. Din acest motiv asamblarea prin sudare trebuie să țină cont de tensiunile și deformațiile care iau naștere în timpul procesului de sudare și după procesul de sudare. Sunt, așadar, prezentate valorile parametrilor tehnologici utilizați pentru realizarea sudurilor principale, precum și ordinea de sudare aplicată pentru a se controla deformațiile create. Tehnologiile aplicate au condus la obținerea unui produs a cărui corectare geometrică prin prelucrare prin așchiere a fost minimă. La final sunt prezentate cele două metode de examinare aplicate: examinarea nedistructivă cu lichide penetrante și examinarea cu ultrasunete.

Cuvinte cheie

Tub etambou, sudare MAG, parametri tehnologici, ordine de sudare, inspecție prin examinare nedistructivă

Abstract

The paper presents the technological aspects related to the welding assembly of the stern tube of a river ship. The stern tube is a structure whose geometry influences the operation of the propeller shaft and the protection of the ship's rudder(s). The composition of the stern tube includes 3 elements that must be centred and must maintain their circularity. For this reason, the welding assembly must take into account the stresses and strains that arise during the welding process and after the welding process. Therefore, the values of the technological parameters used to make the main welds are presented, as well as the welding sequences applied to control the deformations created. The applied technologies led to the obtaining of a product whose geometric correction by machining was minimal. At the end, the two applied inspection methods are presented: non-destructive examination with penetrant liquids and ultrasound examination.

Keywords

Stern tube, MAG welding, welding parameters, welding sequences, inspection by NDT

1. Introducere

Construcțiile navale au căpătat de foarte mult timp caracterul de tradiție pentru România. Cu navigație fluvială și maritimă, Principatele Moldovei și Țării Românești aveau simple infrastructuri de tipul atelierelor pentru construcții de ambarcațiuni încă din secolul al XIX-lea. Anterior acestui moment, existau tâmplari care abordaseră domeniul construcției de ambarcațiuni pentru pescuit și transport de marfă încă din antichitate. Construcția de nave devine o industrie cu o dezvoltare fulminantă, susținută intens de statul român, imediat după naționalizarea facilităților industriale din 1948.

1. Introduction

Naval constructions have long gained the character of tradition for Romania. With river and maritime navigation, the Principalities of Moldova and the Romanian Country had mere infrastructures such as workshops for boat construction since the 19th century. Prior to this moment, there were carpenters who had approached the field of boating for fishing and freight transport since ancient times. The construction of ships becomes an industry with a lightning development, intensely supported by the Romanian state, immediately after the nationalization of the industrial facilities of 1948.

Astăzi, în România există mai multe șantiere navale și ateliere pentru service și mentenanță dedicate ambarcațiunilor, fie ele destinate navigației pe ape interioare (Cernavodă, Drobeta – Turnu Severin, Giurgiu, Oltenița și Orșova), fie destinate navigației pe ape maritime (Mangalia, Midia și Năvodari), fie destinate navigației fluviale-maritime (Brăila, Constanța, Galați, Sulina și Tulcea).

Din componența unei nave fluviale sau maritime se pot identifica elemente constructive puternic solicitate în timpul funcționării, așa cum sunt ansamblul sistemului de cârmuire sau ansamblul sistemului de antrenare cu elice, etc., elemente constructive moderat solicitate (ansamblurile de fund și de bord, etc.) și elemente constructive puțin solicitate (ansamblurile suprastructurilor, sistemele de santină, sistemele de încălzire a magaziiilor – dacă există, etc.). Ansamblul tubului etambou asigură poziționarea și susținerea arborelui care transmite mișcarea de la motorul cu ardere internă la elice /elici. Datorită sarcinilor sale legate de funcționare, acest ansamblu este puternic solicitat la vibrație, la uzare și la încărcări cu forțe și momente care produc torsionarea, încovoierea și forfecarea arborelui. În continuare sunt prezentate unele linii directoare și elemente de bună practică privind execuția și montarea, prin sudare și prelucrare mecanică, a acestui ansamblu al tubului etambou.

2. Tubul etambou

Tubul etambou (figura 1) este un element din construcția navei, confecționat din oțel fie prin turnare, fie prin sudare, care are funcția de a asigura susținerea arborelui port-elice și etanșeitatea în zona de ieșire a arborelui respectiv din corpul navei. Prin construcția sa, reprezintă structura de rezistență care închide nava la extremitatea posterioară. Este compus dintr-o virolă sudată longitudinal (figura 2a) și două bucșe (figurile 2b și 2c).

În ansamblul sudat care este nava, etamboul îndeplinește funcțiile de:

- susținere și protejare a cârmei, în situațiile accidentale de atingere a fundului apei;
- susținere a elicei centrale, la navele prevăzute cu un număr impar de elice;
- preluare a încărcărilor dinamice determinate de funcționarea elicei și cârmei (în special vibrații);

Today, in Romania there are several naval sites and workshops for service and maintenance services dedicated to boats, either intended for navigation on interior water (Cernavoda, Drobeta - Turnu Severin, Giurgiu, Oltenița and Orșova), or for maritime water navigation (Mangalia, Midia and Năvodari), either intended for river-maritime navigation (Brăila, Constanța, Galați, Sulina and Tulcea).

From the composition of a river or maritime vessel, can be identified constructive elements that are hard loaded during operation, such as the ensemble system or the set of training system, etc., moderately loaded (bottom and on-board assembly, etc.) and slightly loaded (the assemblies of the superstructures, the sentry systems, the heating systems - if there, etc.).

The assembly of the stern tube ensures the positioning and support of the shaft that transmits the movement from the internal combustion engine to the propellers /propellers. Due to its tasks related to operation, this ensemble is strongly requested for vibration, wear and forces and moments that cause torsion, bending and shearing of the tree. In the following chapters some guidelines and elements of good practice regarding the execution and installation, by welding and mechanical processing, of this ensemble dedicated to the stern tube will be presented.

2. Stern tube

The stern tube (figure 1) is an element of the ship's construction, made of steel either by casting or by welding, which has the function of ensuring the support of the propeller shaft and the tightness in the exit area of the respective shaft from the ship's hull. By its construction, it represents the resistance structure that closes the ship at the rear end. It is composed of a longitudinally welded tube (figure 2a) and two sealing nuts (figures 2b and 2c). In the welded assembly that is the ship, the stern tube fulfils the functions of:

- support and protection of rudder, in accidental situations of touching the bottom of the water;
- support of the central propeller, for ships equipped with an odd number of propellers;
- taking over the dynamic loads determined by the operation of the propeller and rudder (especially vibrations);

- preluare a încărcărilor dinamice determinate de impactul cu diverse corpuri solide.

Din punct de vedere constructiv, se pot identifica trei tipuri de etambouri:

- etambou masiv - executat prin turnare dintr-o singură bucată; se întâlnește la navele prevăzute cu o elice, dispusă central, și cu cârma necompensată;
- etambou în construcție sudată - executat prin sudarea unei structuri compuse din table și profile laminate;
- etambou mixt – compus parțial din elemente sudate, parțial din elemente turnate.

- taking over the dynamic loads determined by the impact with various solid bodies.

From a constructive point of view, three types of stern tubes can be identified:

- massive stern tube - executed by casting from a single piece; it is found on ships equipped with a propeller, centrally arranged, and with an uncompensated rudder;
- stern tube as welded construction - executed by welding of a structure composed of sheets and laminated profiles;
- mixed frame – composed partly of welded elements, partly of cast elements.

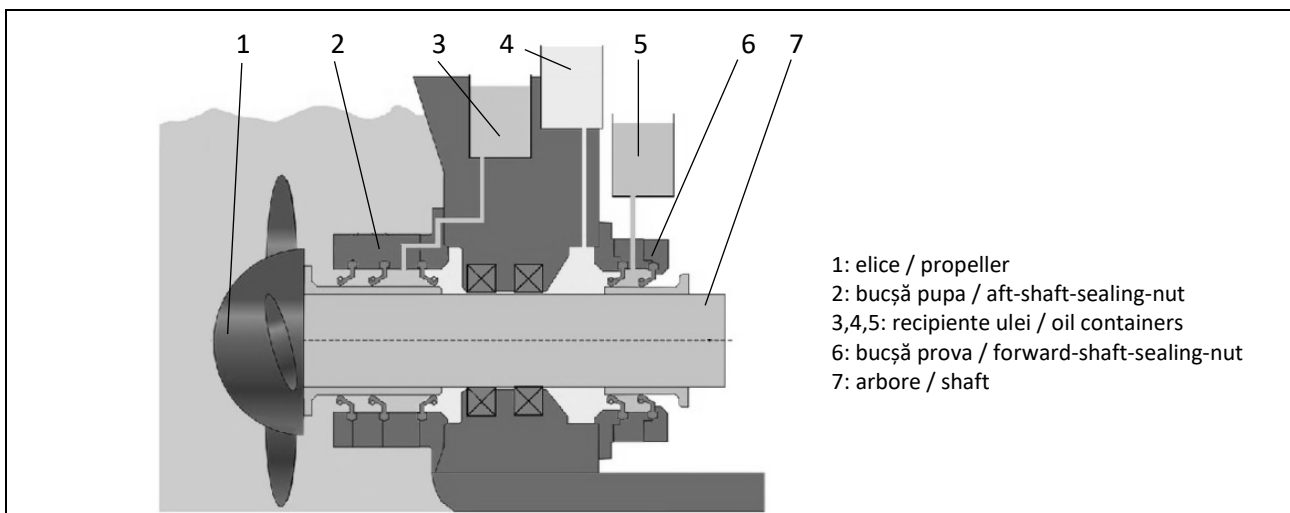


Fig. 1 Ansamblul tubului etambou

Fig. 1 Assembly of stern tube

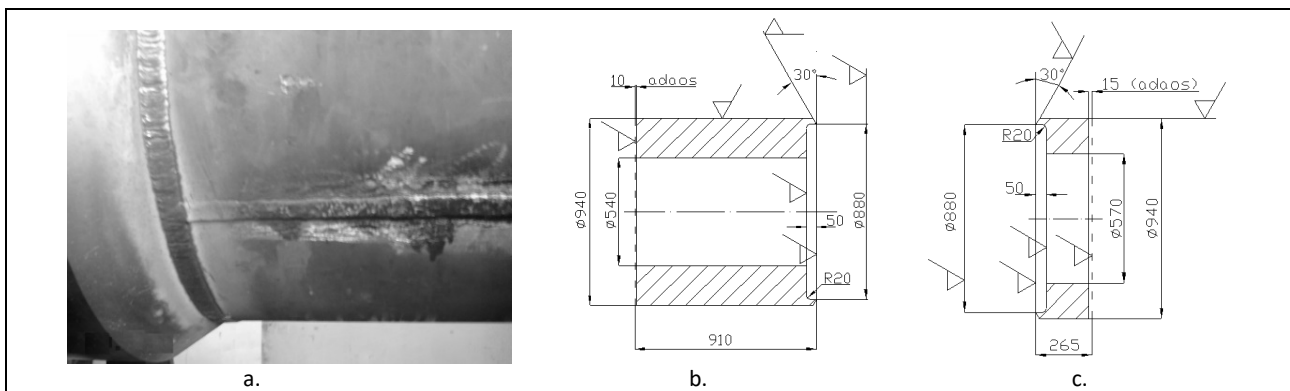


Fig. 2 Componentele de etanșare ale tubului etambou (a. virolă sudată, b. bucsă pupa, c. bucsă prova)

Fig. 2 Sealing components of the stern tube (a. welded shallow tube, b. aft-shaft-sealing-nut, c. forward-shaft-sealing-nut)

Tubul etambou se confecționează prin roluire în atelier, după care se sudează, se prelucrează prin aşchiere la exterior pentru a ajunge la cotele finale după care se duce la navă pentru a se monta.

The stern tube is made by plastic deformation in the workshop, after which it is welded, it is processed by chipping on the outside to reach the final dimensions, after which it is taken to the ship to be installed.

3. Asamblarea și montarea tubului etambou

Asamblarea prin sudare a elementelor tubului etambou începe cu roluirea tablei de oțel pentru confecționarea virolei (figura 3 a.). Roluirea celor două tuburi se face pe o presă pentru îndoit table și se verifică după șablon pe interior. Raza de curbură nu trebuie să aibă abatere mai mare de plus sau minus 2 mm față de șablon. În vederea tăierii plusului tehnologic al laturilor se vor rigidiza semi-virolele cu platbande sudate cu suduri scurte pe interior, sub linia de tăiere.

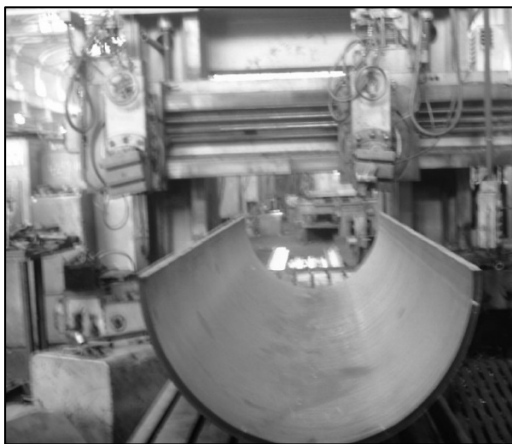
Laturile debitate sunt prelucrate prin rabotare pentru realizarea formei flancurilor rostului de sudare. Sunt create două semi-virole, care vor crea împreună profilul cilindric. După roluire, profilul cilindric se închide prin sudare MAG realizată de 2 sudori, sudând simultan (detaliile - în figura 3.b). Pentru rigidizarea tubului astfel creat se vor suda elemente de rigidizare, atât longitudinal, cât și transversal, astfel încât, împreună cu ordinea de sudare stabilită, să se obțină deformății minime [1,2].

3. Assembling and mounting of the stern tube

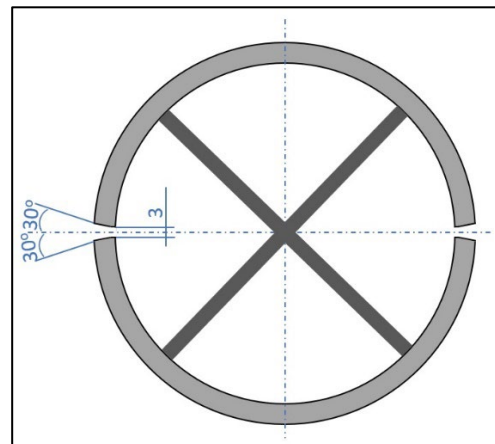
Assembling the elements of the stern tube, by welding, begins with the rolling of the steel sheet to make the ferrule (figure 3 a.). The rolling of the two tubes is done on the slope and checked according to the template on the inside. The radius of curvature must not deviate more than plus or minus 2 mm from the template.

In order to cut the technological extra of the sides, the semi-ferrules will be stiffened with flat strips welded with short welds on the inside, below the cutting line.

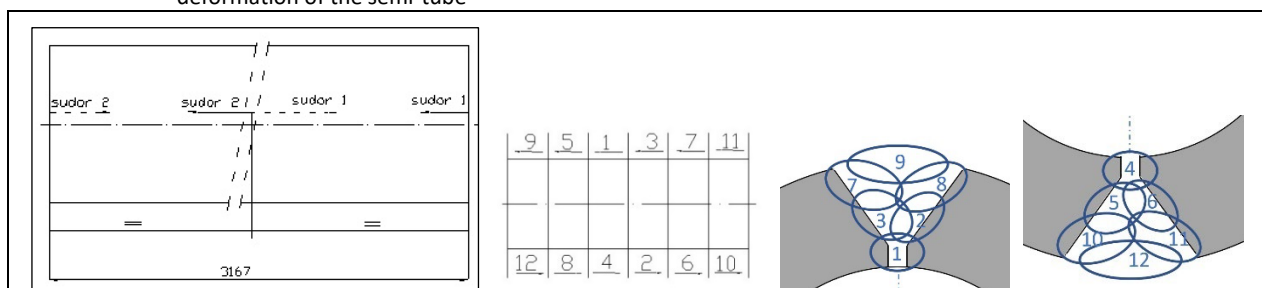
The cut sides are processed by planing to prepare the bevelling for welding. Two half-tubes are created, which together will create the cylindrical profile. After rolling, the cylindrical profile is closed by MAG welding (details - in figure 3.b). Two welders are used for simultaneous welding. To stiffen the tube thus created, stiffening elements will be welded, both longitudinally and transversely, so that, together with the established welding order, minimal deformations are obtained [1,2].



a. Realizarea virolei prin deformare plastică / Plastic deformation of the semi-tube



b. Rostul de sudare / Bevel



c. Secvențele de sudare și ordinea de realizare a trecerilor de sudare / Welding sequence and welding passes

Fig. 3 Aspecte tehnologice privind sudarea pentru închiderea virolei

Fig. 3 Technological aspects regarding the longitudinal welding of the tube

Se assemblează provizoriu cele două semi-virole cu suduri scurte (20-30 mm) și apoi se sudează

The two half-ferrules are provisionally assembled with short welds (20-30 mm) and

complet pe generatoare conform specificației procedurii de sudare (WPS). Stratul de rădăcină se va realiza la interiorul tubului, prin procedeul MAG. Sudura efectuată s-a crăiuit la exterior. Zona crăiuită s-a polizat apoi la luciu metalic. Sudurile de umplere s-au executat din exterior, alternativ pe cele două generatoare, prin procedeul MAG-CO₂. Fiind vorba despre un oțel pentru construcții navale E36 s-a ales drept material de adaos sârma tubulară tip T 46 2 P C1 H5, Ø1,2mm. S-au utilizat doi sudori, secvențele de sudare fiind prezentate în figura 3c.

Asamblarea celor două bucșe pe capetele virolei s-a realizat în regim mecanizat, utilizându-se blocuri cu role pentru susținerea și rotirea ansamblului. Centrarea celor 3 piese de sudat se realizează cu ajutorul unui fir întins, trecând prin axele acestora (figura 4). Firul ajută și la determinarea eventualelor deformații, prin relaxarea sa și prin măsurarea distanței de la el la extremitățile elementelor asamblate.

then fully welded on the generators according to the welding procedure specification (WPS). The root layer will be made inside the tube, by MAG process. The welding performed was air carbon arc cut on the outside. The cut area was then polished to clean metal. The filling welds were executed from the outside, alternately on the two longitudinals, by the MAG-CO₂ process. Since it is a steel for naval construction E36, the flux cored wire type T 46 2 P C1 H5, Ø1.2mm, was chosen as additional material. Two welders were used, the welding sequences being shown in figure 3c.

The assembly of the two shaft-sealing-nuts on the ends of the tube was done mechanically, using blocks with turning rolls to support and rotate the assembly. The centring of the 3 welding parts was done using a stretched wire, passing through their axes (figure 4). The wire also helps to determine possible deformations, by relaxing it and measuring the distance from it to the ends of the assembled elements.



Fig. 4 Centrarea celor 3 piese, cu sârma tensionată

Fig. 4 Centring of the 3 parts using stretched wire

Montarea tubului etambou pe elementele transversale și longitudinale ale corpului navei s-a făcut tot prin sudare MAC-CO₂, utilizându-se același material de adaos. Ordinea de sudare s-a ales astfel încât să nu se producă deformații de la forma circulară a tubului (figura 5). În figura 6 este prezentată o imagine a ansamblului tub etambou – coaste (pereți etanși) – longitudinală.

The installation of the stern tube on the transverse and longitudinal stiffeners and walls was also done by MAC-CO₂ process, using the same filler material. The welding tool was chosen in such a way that no deformations occur due to the circular shape of the tube (figure 5). Figure 6 shows a picture of the stern tube assembly - ribs (watertight walls) - longitudinal.

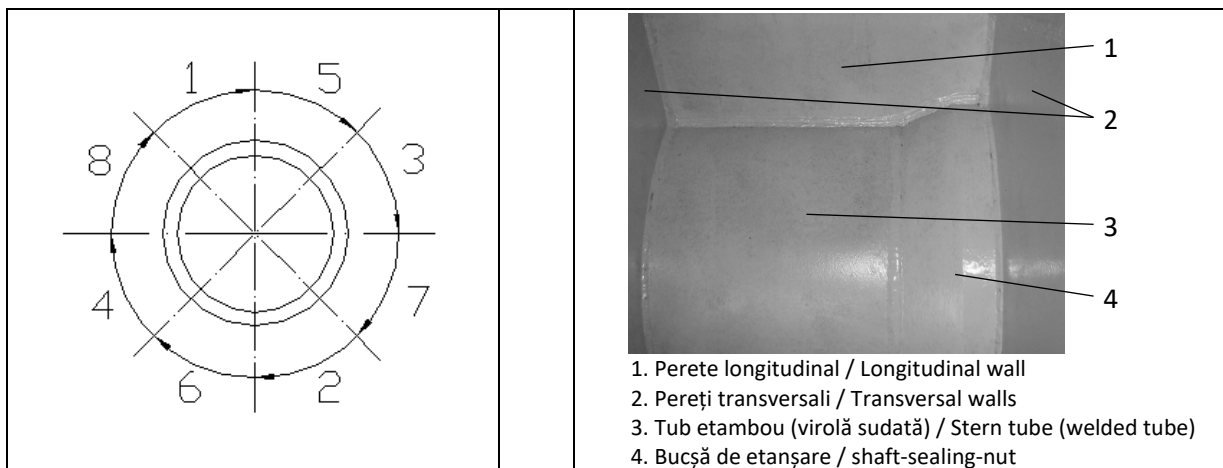


Fig. 5 Secvențele de sudare circumferențială a tubului
Fig. 5 Sequences of the circular welding of the tube

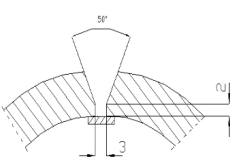
Fig. 6 Ansamblul tub - pereți
Fig. 6 Assembly tube - walls

Principalii parametri tehnologici, preluați din specificațiile procedurilor de sudare calificate (WPS1-4) sunt prezentați în tabelele 1-4.

The main technological parameters, taken from the specifications of the qualified welding procedures (WPS1-4) are presented in tables 1-4.

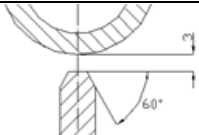
Tabel 1. Parametrii de sudare – WPS1

Table 1. Welding parameters – WPS1

	Trecere Pass	Procedeu Process	Diametru Sârmă Wire diameter [mm]	Poziție de sudare Welding position	Curent de sudare Welding current [A]	Tensiune arc Arc voltage [V]	Tip curent / Polaritate Current type / Polarity	Viteză de avans sârmă Wire feed speed [m/min]	Viteză Sudare Welding speed [cm/min]	Energie Liniară Heat input [J/cm]
	1	135	1,2	PA	200	22	cc+	8	35	7543
	2	135	1,2	PA	220	27	cc+	10	35	7795

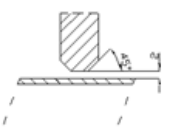
Tabel 2. Parametrii de sudare – WPS2

Table 2. Welding parameters – WPS2

	Trecere Pass	Procedeu Process	Diametru Sârmă Wire diameter [mm]	Poziție de sudare Welding position	Curent de sudare Welding current [A]	Tensiune arc Arc voltage [V]	Tip curent / Polaritate Current type / Polarity	Viteză de avans sârmă Wire feed speed [m/min]	Viteză Sudare Welding speed [cm/min]	Energie Liniară Heat input [J/cm]
	1	135	1,2	PD	220-240	27-28	cc+	8	25	7543

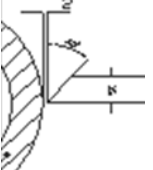
Tabel 3. Parametrii de sudare – WPS3

Table 3. Welding parameters – WPS3

	Trecere Pass	Procedeu Process	Diametru Sârmă Wire diameter [mm]	Poziție de sudare Welding position	Curent de sudare Welding current [A]	Tensiune arc Arc voltage [V]	Tip curent / Polaritate Current type / Polarity	Viteză de avans sârmă Wire feed speed [m/min]	Viteză Sudare Welding speed [cm/min]	Energie Liniară Heat input [J/cm]
	1	135	1,2	PB	200	22	cc+	8	35	7543
	2	135	1,2	PB	220	27	cc+	10	35	7795

Tabel 4. Parametrii de sudare – WPS4

Table 4. Welding parameters – WPS4

	Trecere Pass	Procedeu Process	Diametru Sârmă Wire diameter [mm]	Poziție de sudare Welding position	Curent de sudare Welding current [A]	Tensiune arc Arc voltage [V]	Tip curent / Polaritate Current type / Polarity	Viteză de avans sârmă Wire feed speed [m/min]	Viteză Sudare Welding speed [cm/min]	Energie Liniară Heat input [J/cm]
	1	135	1,2	PH	200	22	cc+	8	35	7543
	2	135	1,2	PH	200	22	cc+	8	35	7543

După sudare, tubul etambou a fost strunjit la interior pentru crearea zonelor de montare a rulmenților (figura 7). Asemenea interiorului și zona frontală a fost strunjită (figura 8). Cele două operații sunt determinante pentru funcționarea ulterioară a tubului etambou. Montarea rulmenților și asigurarea etanșărilor nu sunt posibile fără aceste două operații.



Fig. 7 Prelucrarea interioară prin strunjire pentru pregătirea zonei de montare a rulmenților
Fig. 7 Machining of the interior surface for bearings

After welding, the stern tube was internally turned to create the rolling bearing mounting areas (figure 7). Like the interior, the frontal area was turned (figure 8). The two operations are decisive for the further functioning of the fallopian tube. Fitting the bearings and securing the seals is not possible without these two operations.



Fig. 8 Prelucrarea zonei frontale prin strunjire
Fig. 8 Frontal area machining

După realizarea sudurilor s-a aplicat o inspecție a acestora. Inspecția a constat într-o examinare vizuală, urmată de o examinare cu lichide penetrante. Ordinea de inspectare a fost: examinarea sudurilor de închidere a tubului (sudurile de asamblare a celor două semi-virole), verificarea sudurii dintre virolă și bușca din pupa, iar la final verificarea sudurii dintre virolă și bușca din prova. Zonele considerate critice (intersecții de suduri, îmbinări între virolă și bușce, etc.) au fost examinate cu ultrasunete (figura 9 prezintă imagini din timpul examinării cu ultrasunete).

After making the welds, an inspection of them was applied. The inspection consisted of a visual examination followed by a liquid penetrant examination. The inspection order was: examination of the tube closure welds (welds of the assembly of the two half-ferrules), verification of the weld between the ferrule and the bushing in the stern, and finally the verification of the weld between the ferrule and the bushing in the bow. Areas considered critical (weld intersections, tube to sealing nuts joints, etc.) by the customer were ultrasonically examined (figure 9 shows images during the ultrasound examination).



Fig. 9 Imagini din timpul examinării cu ultrasunete
Fig. 9 Image taken during the US NDT process



4. Concluzii

Tubul etambou este o structură de rezistență care asigură funcționarea arborelui port-elice și protejarea tuburilor de cârmă.

Sudarea tubului etambou presupune utilizarea de rigidizări și tehnologii care trebuie să asigure o pătrundere corespunzătoare și deformații minime. Astfel, trebuie utilizate energii liniare de valori mici, sub 10000 J/cm. Aceasta presupune efectuarea mai multor treceri pentru umplerea rostului de sudare. Sudurile sunt realizate cu mai mulți sudori simultan, din același motiv. Ordinea în care se realizează sudarea trebuie să fie judicios aleasă, mai ales dacă se utilizează mai mulți sudori simultan.

La realizarea prin sudare (pe generatoare) a virolei se poate suda în poziție orizontală. Sudurile de montare, însă, trebuie făcute în poziții (PD sau PH) care prezintă un grad de dificultate crescut, din punct de vedere al derulării procesului de sudare.

4. Conclusions

The stem tube is a resistance structure that ensures the operation of the propeller shaft and protects the rudder tubes.

The welding of the stern tube requires the use of stiffeners and technologies that must ensure proper penetration and minimal deformations. Thus, linear energies of small values, below 10000 J/cm, must be used. This involves making several passes to fill the weld joint. Welds are made with several welders simultaneously for the same reason. The order in which welding is performed must be judiciously chosen, especially if several welders are used simultaneously.

When welding (on generators) the ferrule can be welded in a horizontal position. Assembly welds, however, must be made in positions (PD or PH) that present an increased degree of difficulty, from the point of view of the welding process.

Bibliografie

References

- [1] Savu, I.D., Tehnologia sudării cu arcul electric, Ed. Universitaria, Craiova, 2007, ISBN 978-973-742-727-4
- [2] Savu I.D., Savu, S.V., Iacobici, R., Gogâlea, M.R., Analiza FEM a rigidizărilor de la pereții etanși din navele fluviale, Sudarea și Încercarea Materialelor, BID-ISIM, 2/2018, pag. 11-14

Pentru citare:

Midan, A.A., Țunescu, T., Olei, B.A., Baloșin, I., Fabrication and mounting of a stern tube functioning under vibrations, Sudura, nr. 1 (2023), year XXXII, x-y