

TÜV SÜD Czech s.r.o.,
Novodvorská 994/138, CZ-142 21 Praha 4



Czech

CERTIFIKÁT / CERTIFICATE

Evidenční číslo / Registration number **15.581.316-1**

shody tlakového zařízení (modul G) vydaný podle oddílu 10 přílohy III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/68/EU / of pressure equipment conformity (Module G) according to point 10 of Annex III of the Directive 2014/68/EU of the European Parliament and of the Council

Výrobce / Distributor: /

Manufacturer / Distributor:

Jiří LISA – Lounská 962/47, Děčín VI-Letná, 405 02

Zákazník: / Customer:

Objednávka č.: / Order No.:

15.049.115

ze dne: / dated: **02.01.2023**

Zakázka TÜV SÜD Czech s.r.o.: /

Order No. of TÜV SÜD Czech s.r.o.:

5402300354

na tlakové zařízení:

Stationary pressure vessel, liquid gas, low temperature

for pressure equipment:

Název: / Name:

Druh: / Kind:

Tlaková nádoba/ Pressure vessel

Typ: / Type:

ZT 10

Výrobní č.: / Serial No.:

20942

Prostor: / Space:

I.

II.

Min. / Max. dovolený tlak (PS) [bar]:

18,0 bar *

-1,0 bar

Min. / Max. allowable pressure (PS) [bar]:

Min. / Max. dovolená teplota (TS) [°C]:

- 196 / + 20 °C

+20 °C

Min. / Max. allowable temperature (TS) [°C]:

Tekutina / Skupina:

O₂

vakuum

Fluid / Group:

Objem (V) [L]: Volume (V) [L]:

10 090 L

8 920 L

Jmenovitá světlost (DN): Nominal size (DN):

Zkušební tlak (PT) [bar]:

32,1 bar

-

Test pressure (PT) [bar]:

Místo výroby: / Place of production:

FEROX n.p., Ústecká 30, Děčín, 405 30, CZ

Umístění: / Location:

FN Olomouc

Rok výroby: / Year of production:

1977

Tímto osvědčujeme, že výsledky přezkoumání a zkoušek provedených na uvedeném tlakovém zařízení jsou ve shodě s požadavky / We herewith certify that results of tests carried out on mentioned pressure equipment meet the requirements of the

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2014/68/EU
Directive 2014/68/EU of the European Parliament and of the Council

Tlakové zařízení je označeno označením CE s připojeným identifikačním číslem oznámeného subjektu, jak je vyobrazeno níže: / Pressure equipment carries CE marking with attached identification number of the Notified Body, as depicted below:

CE 1017

Tento certifikát se vydává pro účely vydání EU prohlášení o shodě tlakového zařízení s výše uvedeným technickým předpisem. / This Certificate is issued for the purpose of the issue of EU Declaration of conformity for pressure equipment with above mentioned technical regulation.



V / In **Ústí nad Labem**

dne / date **27.10.2023**

Václav Pícek

za Oznámený subjekt 1017
On behalf of Notified Body 1017
Ing. Petr Navrátil
vedoucí obchodní jednotky
Business Unit Manager

Jako specifikací pro posouzení shody byly použity následující normy a předpisy: / For assessment of the conformity, the following standards and regulations have been used as a specification:

Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2014/68/EU (PED), provedené zákonem č. 90/2016 Sb. v platném znění a NV č. 219/2016 Sb. v platném znění / Directive 2014/68/EU of the European Parliament and of the Council (PED), implemented by Act No. 90/2016 Coll., as amended and Government Decree No. 219/2016 Coll., as amended

Odborný postup č.: / Expert procedure No.: E 540-033

Normy: / Standards: ČSN EN 13458 -2 : 2002

Harmonizované: / Harmonized: ☒

Neharmonizované: / Non-harmonized: ☐

a tato předložená dokumentace: / and these attached documents:

		P	N	Dokument / Document (je-li požadováno / if required)	Poznámky / Remarks
1	Žádost o certifikaci / Certification application	☒	☐	Příloha č.1	
2	Sestavný výkres / As-built drawing	☒	☐	Výkres č.: / Drawing No.: Cy0-0384	
	Výkresy detailů / Detail drawings	☒	☐	Výkres č.: / Drawing No.: Cy1-0468	
3	Pevnostní výpočet / Strength calculation	☒	☐	Cy4-V-0255 + Příloha č.3	Přehodnocení shody dle EN 13458
4	Inspekční zpráva o přezkoušení návrhu / Inspection report of design examination	☐	☒	Inspekční zpráva ev.č.: / Inspection report Reg. No.:	See Passport
5	Svařovací plán / Welding plan	☒	☐		See Passport
6	WPS / WPS	☒	☐	See Passport	
7	Certifikáty použitých materiálů / Certificates of used materials	☒	☐	Certifikáty pro použitý základní materiál (3.1 / 3.2), Osvědčení pro použitý přídavný materiál (2.2 / 3.1 / 3.2) / Certificates used for basic material (3.1 / 3.2), Certificates for filler material used (2.2 / 3.1 / 3.2)	Podle norem / According to Standards: EN 10204
8	Schválení personálu provádějícího nerozebiratelné spoje / Approval of the personnel undertaking the permanent joints	☒	☐	Certifikáty svařčů a operátorů / certificates of welders and welding operators	Podle norem / According to Standards: EN ISO 9606-1, EN ISO 14732
9	Schválení postupů pro nerozebiratelné spoje / Approval of the procedures of the permanent joints	☒	☐	WPQR č.: / WPQR No.: Viz seznam / see list	Podle norem / According to Standards: EN ISO 15614-1
	Protokol: VT: Report: VT:	☒	☐	See Passport	Podle norem / According to Standards: EN ISO 17637, EN ISO 5817
	Protokol: RT: Report: RT:	☒	☐	See Passport	Podle norem / According to Standards: EN ISO 17636-1, EN ISO 10675-1
	Protokol: UT: Report: UT:	☐	☒		Podle norem / According to Standards: EN ISO 17640, EN ISO 11666
	Protokol: PT: Report: PT:	☐	☒		Podle norem / According to Standards: EN ISO 3452-1, EN ISO 23277
	Protokol: MT: Report: MT:	☐	☒		Podle norem / According to Standards: EN ISO 17638, EN ISO 23278
10	Protokol: jiné: Report: other:	☐	☒		
11	Kontrola rozměrů / Check of Dimensions	☒	☐	See Passport	
12	Značení / štítek / Marking / name plate	☒	☐		
13	Zpětná sledovatelnost materiálů / Traceability of materials	☒	☐	See Passport	
14	Kvalifikace NDT pracovníků / Qualification of NDT-Personnel	☒	☐	See Passport	
15	Analýza rizik (povinné) / Risk analysis (mandatory)	☒	☐	Příloha č.2	
16	Návod k použití (je-li to relevantní) / Operating Manual (if applicable)	☒	☐	ZT-000472	
17	EU Prohlášení o shodě (návrh) / EU Declaration of conformity (draft)	☐	☒		
18	Další dokumenty / Other documents	☐	☒		
		☐	☐		

P – PŘEDLOŽENO / Submitted, N – NEAPLIKUJE SE / Not Applicable

Použité kontrolní, měřicí a zkušební zařízení: / Used controlling, measuring and testing devices:

		Dokument / Document (je-li požadováno / if required)		Poznámky / Remarks
Tlakoměr č.: / Pressure gauge No.:	Rozsah / Range	Kalibrační list č.: / Calibration sheet No.:	Přesnost / Accuracy	Výrobce / Manufacturer
BAROLI -PM-3046	0-600 bar	0740T002/23	0,25%	BD SENSORS

Provedené posouzení: / Inspections performed:Zařídění tlakového zařízení /
Classification of pressure equipment

Kategorie: / Category:

☐ I ☐ II ☐ III ☒ IV

	Datum / Date	V	N	Provedl / Performed by	Dokument č.: / Document No.:
Prověření technické dokumentace tlakového zařízení z hlediska návrhu a výrobních postupů / Verification of the technical documentation of the pressure equipment in terms of design and manufacturing processes	05.10.2023	☒	☐	NB 1017	
Posouzení použitých materiálů / Assessment of materials used	05.10.2023	☒	☐	NB 1017	
Kontrola, zda byly schváleny postupy pro nerozebíratelné spoje tlakového zařízení / Checking whether they were approved procedures for the permanent joints of pressure equipment		☐	☒		
Ověření kvalifikace pracovníků provádějících nerozebíratelné spoje a nedestruktivní zkoušky / Verification of the qualification of personnel performing permanent joints and non-destructive testing		☐	☒		
Sestavy podle čl. 4 odst. 2 Směrnice pro tlaková zařízení 2014/68/EU (PED) / § 3 odst. 3 NV č. 219/2016 Sb. v platném znění / Assemblies referred to in Article 4(2) according to the Pressure Equipment Directive 2014/68/EU (PED)					
Prověření posouzení každého z tlakových zařízení, z nichž je sestava tvořena / The assessment of each item of pressure equipment making up the assembly		☐	☒		
Posouzení začlenění různých konstrukčních částí do sestavy / The assessment of the integration of the various components of the assembly		☐	☒		
Posouzení ochrany sestavy proti překročení přípustných provozních mezí / The assessment of the protection of an assembly against exceeding the permissible operating limits		☐	☒		
Provedení konečné kontroly / Performing of the final inspection	05.10.2023	☒	☐	NB 1017	
Provedení tlakové zkoušky / Performing of the pressure test	05.10.2023	☒	☐	NB 1017	

Prostor: / Space:	I.		
Zkušební tlak (PT) [bar]: / Test pressure (PT) [bar]:	18,0 bar		
Zkušební médium: / Pressure test medium:	N ₂		
Doba výdrže [min]: / Holding time [minutes]:	120 min		
☒ Během a po tlakové zkoušce nebyly zaznamenány nepřijatelné netěsnosti a změny tvaru / During and after the pressure test no unacceptable leaks or remaining deviations of shape have been detected			

Přezkoumání a zkoušky: / Examination and tests:

	Datum / Date	V	N	Provedl / Performed by	Dokument č.: / Document No.:
Provedení zkoušky otevíracího tlaku - Pojistné zařízení / Performing the test of opening pressure - Safety Equipment		☒	☐		
pojistný ventil / Safety valve HEROSE v.č.: / Ser. No.: 3266985	05.10.2023			Pavlas	
pojistný ventil / Safety valve HEROSE v.č.: / Ser. No.: 3751775	05.10.2023			Pavlas	
Uzavírací armatury a ostatní tlaková výstroj / Shut-off valves and other pressure accessories	05.10.2023	☒	☐	Pavlas	

Výsledky zkoušek se vztahují výhradně na zde popsany předmět zkoušek. Kopírování neúplných zkušebních protokolů bez písemného souhlasu Oznámeného subjektu není přípustné / The test results refer exclusively to the units under test. Excerpts or copies from this document may only be reproduced and used with the express written approval of the Notified Body

V – VYHOVUJE / Satisfactory, N – NEAPLIKUJE SE / Not Applicable

Závěr: / Conclusion:

Provedeným posouzením shora uvedených podkladů byla prokázána shoda se shora uvedenými předpisy / The conformity of carried out assessment of above mentioned documentation with above mentioned regulations was proved

Výše uvedený inspekční závěr platí za těchto podmínek: / The above listed inspection conclusion shall apply under the following conditions:

- ☒ Je-li tlakové zařízení dodáváno na trh, musí být k němu, pokud to je zapotřebí, přiložen návod pro uživatele obsahující všechny nezbytné informace vztahující se k bezpečnosti a týkající se: instalace, včetně montáže jednotlivých částí tlakového zařízení, uvedení do provozu, používání, údržby, včetně kontrol prováděných uživatelem. / When pressure equipment is made available on the market, it shall be accompanied, as far as relevant, with instructions for the user, containing all the necessary safety information relating to: mounting including assembling of different pieces of pressure equipment, putting into service, use, maintenance, including checks by the user.
- ☐ Před uvedením do provozu bude provedeno konečné posouzení shody sestavy Oznámeným subjektem včetně zkoušek bezpečnostní a tlakové výstroje podle bodu 3.2 Přílohy I a podle čl. 4 odrážka 5, modul G, přílohy III, Směrnice pro tlaková zařízení 2014/68/EU (PED) / části 3.2 přílohy č. 1 a části 10 bod 4 písm. e) přílohy č. 3 k NV č. 219/2016 Sb. v platném znění. / Before commissioning will be carried out conformity assessment of the final assembly by notified body, including tests of safety and pressure accessories in accordance with point 3.2 of Annex I and according to point 4, indent 5, module G, Annex III, Pressure Equipment Directive 2014/68/EU (PED).
- ☒ Výsledky inspekce podané v tomto certifikátu se vztahují pouze k posuzovanému zařízení. Certifikát nelze bez souhlasu TÜV SÜD Czech s.r.o. a zákazníka reprodukovat jinak než vcelku. / The outcomes of inspection presented in this certificate are related only to the inspected pressure equipment. The certificate may not be reproduced otherwise than as a whole unless agreed to by TÜV SÜD Czech s.r.o. and the customer.

Přílohy: / Annexes:

	Dokument číslo / Document Number	Dokument / Document
1	ŽoC	Žádost o certifikaci
2	Příloha 1	Pasport
3	Příloha 2	Analýza rizik
4	Příloha 3	Přehodnocení shody dle ČSN EN 13458-2:2002
5		
6		

Doplňující informace: / Supplementary information:

č. / No.	Provedená posouzení a zkoušky / Performed inspections and tests
-	Žádné / none

Poznámky: / Notes:

*) Po přehodnocení shody dle ČSN EN 13458-2 (69 7258), lze zařízení provozovat do maximálního výpočtového tlaku **18,0bar**.



[Handwritten signature]
Dr. Vlastimil VAIGL, MBA

Inspektor / Inspector TÜV SÜD Czech s.r.o.

Jednotky: MPa := 10^6 Pa bar := 10^5 Pa

Přehodnocení shody

Kryogenické nádoby – Stabilní vakuově izolované nádoby – Část 2: Konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení - ČSN EN 13458-2 (69 7258)

Typ nebo systém: ZT10
Výrobce: FEROX n.p., Děčín
Výkres: Cy1 - 0468; Cy0 - 0384
Výrobní číslo: 20942
Objem: 10090 litrů
Rok výroby: 1977

VNITŘNÍ NÁDOBA

Materiálové charakteristiky

Materiál: 17241.4

Min. pevnost v tahu: $R_m := 642 \cdot \text{MPa}$

Min. mez kluzu: $K_e := 230 \cdot \text{MPa}$

Zvýšení meze kluzu o 15% dle přílohy J normy:

Min. mez kluzu + 15%: $K_{15} := [(0.15 \cdot K_e) + K_e]$

$K_{15} = 264.5 \text{ MPa}$

minimální průtažnost materiálu:

$A_5 := 45 \%$

Přetlak

Pracovní přetlak: $P_s := 18.0 \cdot \text{bar}$

Zkušební přetlak: $P_t := 1.43 \cdot (P_s + 1 \cdot \text{bar})$

$P_t = 27.170 \text{ bar}$

Gravitační zrychlení: $g = 9.80665 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

Měrná hmotnost argonu: $\rho := 1405.5 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Rozhodující rozměry pro výpočet přetlaku za provozu:

L - déka pro stojatou nádobu

D - pro ležatou nádobu

Celková délka vnitřní nádoby: $L := 5480.0 \cdot \text{mm}$

vnitřní průměr nádoby: $D := 1576 \cdot \text{mm}$

Přetlak vyvolaný obsahem kapaliny:

$PL := g \cdot \rho \cdot L$

$PL = 0.7553 \text{ bar}$

PL může být zanedbán, je-li menší než 5 % z $(P_s + 1)$. Jinak musí být použit tlak přesahující $(P_s + 1)$

$PL1 := (P_s + 1 \cdot \text{bar}) \cdot 0.05$

$PL1 = 0.95 \text{ bar}$

$PL < PL1$

Přetlak během provozu:

$P_{cl} := P_s + PL1 + 1 \cdot \text{bar}$

$P_{cl} = 19.95 \text{ bar}$

Výpočtový přetlak:

$P := P_{cl}$

$P = 19.950 \text{ bar}$

provedevý zkušební vnitřní přetlak $P = 31,5 \text{ bar}$ - VYHOVUJE

Minimální tloušťka stěny vnitřní nádoby (4.3.6.1.3)Vnější průměr pláště: $Da := 1600.0 \cdot \text{mm}$ Součinitel svarového spoje: $v := 1.0$ Přídavek na korozi: $c := 0 \cdot \text{mm}$ $K := K_{15}$ součinitel bezpečnosti při výpočtovém přetlaku: $S := 1.5$ součinitel bezpečnosti při zkušebním tlaku nádoby: $St := 1.05$ Výpočtová tloušťka stěny pláště
pro výpočtový přetlak:

$$sa := \frac{Da \cdot P}{2 \cdot \left(\frac{K}{S} \right) \cdot v + P} + c \quad sa = 9.000 \text{ mm}$$

Výpočtová tloušťka stěny pláště
pro zkušební přetlak:

$$sat := \frac{Da \cdot Pt}{2 \cdot \left(\frac{K}{St} \right) \cdot v + Pt} + c \quad sat = 8.582 \text{ mm}$$

provedená tloušťka stěny na vnitřní přetlak: 12,0 mm

VYHOVUJE**Vnitřní nádoba zatížená vnějším přetlakem:**vzpěrná délka: $lb := 4522 \cdot \text{mm}$ nejmenší provedená tloušťka: $s := 12.0 \cdot \text{mm}$ $Di := Da - 2 \cdot s$ $Di = 1576.00 \text{ mm}$

$$\frac{Da}{Di} \leq 1.2 \quad \frac{Da}{Di} = 1.015$$

VYHOVUJESoučinitel bezpečnosti: $Sk := 3.0$ $Sp := 1.6$ vnější výpočtový přetlak: $Pvnej := 1 \text{ bar}$

$$Z := 0.5 \cdot \pi \cdot \frac{Da}{lb} \quad Z = 0.556 \quad n := 1.63 \cdot \sqrt[4]{\frac{Da^3}{lb^2 \cdot (sa - c)}} \quad n = 4$$

Modul pružnosti: $E := 1.96 \cdot 10^5 \cdot \text{MPa}$ Poissonova konstanta: $\nu := 0.3$ **Elastická ztráta stability:**

$$pe := \frac{E}{Sk} \cdot \left[\frac{20}{(n^2 - 1) \cdot \left[1 + \left(\frac{n}{Z} \right)^2 \right]^2} \cdot \frac{(s - c)}{Da} + \frac{80}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left[n^2 - 1 + \frac{2 \cdot n^2 - 1 - \nu}{1 + \left(\frac{n}{Z} \right)^2} \right] \cdot \left(\frac{s - c}{Da} \right)^3 \right]$$

 $pe = 29.36 \text{ bar}$ $pe \geq Pvnej$ **VYHOVUJE****Plastická deformace:**

podmínka -

$$\frac{Da}{lb} \leq 5 \quad \frac{Da}{lb} = 0.354$$

ovalita: $u := 1.5$

$$pp := \frac{20 \cdot K}{Sp} \cdot \frac{s - c}{Da} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1.5u \cdot \left(1 - 0.2 \cdot \frac{Da}{lb} \right) \cdot Da}{100 \cdot (s - c)}} \quad pp = 65.467 \text{ bar}$$

 $pp \geq Pvnej$ **VYHOVUJE**

Klenutá dna zatěžovaná vnitřním nebo vnějším přetlakem

Poloměr klenutí dna: $R_v := 0.8D_a$ $R_v = 1280.0 \text{ mm}$

Provedený poloměr klenutí dna: $R := 1450 \cdot \text{mm}$

provedená tloušťka dna: $sd_{\text{prov}} := 14.0 \cdot \text{mm}$

povolená oblast pro hrdla: $0.6 \cdot D_a = 960.00 \text{ mm}$

Poloměr anuloidového přechodu dna: $r_v := 0.154D_a$ $r_v = 246.400 \text{ mm}$

Pro torosferická dna 2:1 musí platit: $0.001 \leq \frac{(sd_{\text{prov}} - c)}{D_a} \leq 0.1$

$$\frac{(sd_{\text{prov}} - c)}{D_a} = 0.009$$

Podmínka **vyhovuje**

Délka válcové části lemu dna: $h_1 > 3.0 \cdot sd_{\text{prov}}$ $3.0 \cdot sd_{\text{prov}} = 42.000 \text{ mm}$

vnitřní průměr hrdla: $d_i := 46.0 \text{ mm}$ poměr prumeru: $\frac{d_i}{D_a} = 0.029$

Jestliže ve dnu není žádný otvor mimo oblast $0,6 D_a$ odečte se hodnota součinitele β z nejnižších křivek na obrázcích 5 a 6.

součinitel β dle obr. 6: $\beta := 2.2$

4.3.6.4.4.2 Tloušťka anuloidového přechodu torosferického dna a polokulového dna v místě připojení k válcovému plášti:

$$sd := \frac{D_a \cdot P \cdot \beta}{4 \cdot \left(\frac{K}{S} \right) \cdot v} + c \quad sd = 9.956 \text{ mm}$$

Součinitelé bezpečnosti pro dna:

$$Skd := 3.0 + 0.002 \frac{R}{sd_{\text{prov}}} \quad Skd = 3.207 \quad Spd := 2.4$$

Elastická ztráta stability

Dostatečné odolnosti proti ztrátě stability je dosaženo, když platí:

$$P \leq 3.66 \cdot \frac{E}{Skd} \cdot \left(\frac{se - c}{R} \right)^2 \quad ped := 3.66 \cdot \frac{E}{Skd} \cdot \left(\frac{sd_{\text{prov}} - c}{R} \right)^2 \quad ped = 208.516 \text{ bar}$$

$$P = 19.95 \text{ bar}$$

$$P \leq ped$$

VYHOVUJE

Pokud je předepsaný zkušební tlak vyšší než $1,25 P$, provedená tloušťka materiálu nesmí být menší než:

$$s := R \cdot \sqrt{\frac{(0,2 \cdot Skd \cdot Pt)}{E}} + c \quad s = 4,324 \text{ mm}$$

Plastická deformace:

podmínka -

$$\frac{Da}{lb} \leq 5$$

$$\frac{Da}{lb} = 0,354$$

ovalita: $u := 1,5$ pro anuloidový přechod: $Spa := 1,8$

$$ppa := \frac{20 \cdot K}{Spa} \cdot \frac{s - c}{Da} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1,5u \cdot \left(1 - 0,2 \cdot \frac{Da}{lb}\right) \cdot Da}{100 \cdot (s - c)}} \quad ppa = 9,090 \text{ bar}$$

$$ppa \geq P_{vnej}$$

VYHOVUJEpro sférickou oblast: $Sps := 2,4$

$$pps := \frac{20 \cdot K}{Sps} \cdot \frac{s - c}{Da} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1,5u \cdot \left(1 - 0,2 \cdot \frac{Da}{lb}\right) \cdot Da}{100 \cdot (s - c)}} \quad pps = 6,817 \text{ bar}$$

$$pps \geq P_{vnej}$$

VYHOVUJE**VNĚJŠÍ NÁDOBA**Materiálové charakteristiky

Materiál: 11416.1

Min. pevnost v tahu: $Rm := 400 \cdot \text{MPa}$ Min. mez kluzu: $K_{0,2} := 255 \cdot \text{MPa}$

minimální průtažnost

$$A_5 := 23 \%$$

Modul pružnosti: $E := 2,06 \cdot 10^5 \cdot \text{MPa}$

Pevnostní charakteristika materiálu K:

$$K := K_{0,2}$$

$$K = 255 \text{ MPa}$$

vnitřní konstrukční tlak:

$$P_{vn} := 0,07 \cdot \text{bar}$$

vnější konstrukční tlak:

$$P_{vj} := 1,0 \cdot \text{bar}$$

součinitel bezpečnosti:

vnitřní tlak

$$S := 1,1$$

vnější tlak - válcová část

$$Sp := 1,1$$

$$Sk := 2,0$$

nejmenší tloušťka stěny

$$s := 12,0 \cdot \text{mm}$$

poloměr zakřivení

$$R := 2100 \cdot \text{mm}$$

sférická oblast

$$Sps := 1.6$$

$$Sks := 2.0 + 0.0014 \cdot \frac{R}{s}$$

$$Sks = 2.245$$

anuloidový přechod

$$Spa := 1.2$$

součinitel sváru: vnitřní tlak

$$vvn := 0.7$$

vnější tlak

$$vvj := 1.0$$

Vnější průměr pláště:

$$Da := 2100.0 \cdot \text{mm}$$

Přídavek na korozi:

$$c := 0 \cdot \text{mm}$$

Výpočtová tloušťka stěny pláště
pro vnitřní tlak:

$$sa := \frac{Da \cdot Pvn}{2 \cdot \left(\frac{K}{S} \right) \cdot vvn + Pvn} + c \quad sa = 0.045 \text{ mm}$$

Výpočtová tloušťka stěny pláště
pro vnější tlak:

$$sa := \frac{Da \cdot Pvj}{2 \cdot \left(\frac{K}{S} \right) \cdot vvj + Pvj} + c \quad sa = 0.453 \text{ mm}$$

vzpěrná délka: lb := 5246 · mm

nejmenší provedená tloušťka: s := 12 · mm

$$Di := Da - 2 \cdot s$$

$$Di = 2076.00 \text{ mm}$$

$$\frac{Da}{Di} \leq 1.2$$

$$\frac{Da}{Di} = 1.012$$

VYHOVUJE

$$Z := 0.5 \cdot \pi \cdot \frac{Da}{lb}$$

$$Z = 0.629$$

$$n := 1.63 \cdot \sqrt[4]{\frac{Da^3}{lb^2 \cdot (sa - c)}} \quad n = 9$$

Poissonova konstanta: v := 0.3

Elastická ztráta stability:

$$pe := \frac{E}{Sk} \cdot \left[\frac{20}{(n^2 - 1) \cdot \left[1 + \left(\frac{n}{Z} \right)^2 \right]^2} \cdot \frac{(s - c)}{Da} + \frac{80}{12 \cdot (1 - v^2)} \cdot \left[n^2 - 1 + \frac{2 \cdot n^2 - 1 - v}{1 + \left(\frac{n}{Z} \right)^2} \right] \cdot \left(\frac{s - c}{Da} \right)^3 \right]$$

$$pe = 101.713 \text{ bar}$$

$$pe \geq Pvnej$$

VYHOVUJE

Plastická deformace:

podmínka -

$$\frac{Da}{lb} \leq 5$$

$$\frac{Da}{lb} = 0.4$$

ovalita: u := 1.5

$$pp := \frac{20 \cdot K}{Sp} \cdot \frac{s - c}{Da} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1.5u \cdot \left(1 - 0.2 \cdot \frac{Da}{lb} \right) \cdot Da}{100 \cdot (s - c)}}$$

$$pp = 57.317 \text{ bar}$$

$$pp \geq Pvnej$$

VYHOVUJE

Klenutá dna zatěžovaná vnitřním nebo vnějším přetlakem

Poloměr klenutí dna: $R_v := 0.8Da$ $R_v = 1680.00 \text{ mm}$

Provedený poloměr klenutí dna: $R := 2100 \cdot \text{mm}$

provedená tloušťka dna: $sd_{\text{prov}} := 12.0 \cdot \text{mm}$

povolená oblast pro hrdla: $0.6 \cdot Da = 1260.00 \text{ mm}$

Poloměr anuloidového přechodu dna: $r := 0.154Da$ $r = 323.400 \text{ mm}$

Pro torosferická dna 2:1 musí platit: $0.001 \leq \frac{(sd_{\text{prov}} - c)}{Da} \leq 0.1$

$$\frac{(sd_{\text{prov}} - c)}{Da} = 0.006$$

Podmínka **vyhovuje**

Délka válcové části lemu dna: $h1 > 3.0 \cdot sd_{\text{prov}}$ $3.0 \cdot sd_{\text{prov}} = 36.000 \text{ mm}$

vnitřní průměr hrdla: $di := 58.0 \text{ mm}$ pomer prumeru: $\frac{di}{Da} = 0.028$

Jestliže ve dnu není žádný otvor mimo oblast $0,6 Da$ odečte se hodnota součinitele β z nejnižších křivek na obrázcích 5 a 6.

součinitel β dle obr. 6: $\beta := 2.25$

4.3.6.4.2 Tloušťka anuloidového přechodu torosferického dna a polokulového dna v místě připojení k válcovému plášti:

$$sd := \frac{Da \cdot P_{vj} \cdot \beta}{4 \cdot \left(\frac{K}{S}\right) \cdot v_{vj}} + c \quad sd = 0.510 \text{ mm}$$

Elastická ztráta stability

Dostatečné odolnosti proti ztrátě stability je dosaženo, když platí:

$P := 1.0 \cdot \text{bar}$

$$P \leq 3.66 \cdot \frac{E}{S_{ks}} \cdot \left(\frac{se - c}{R}\right)^2 \quad ped := 3.66 \cdot \frac{E}{S_{ks}} \cdot \left(\frac{sd_{\text{prov}} - c}{R}\right)^2 \quad ped = 109.662 \text{ bar}$$

$P \leq ped$

VYHOVUJE

Plastická deformace:

podmínka - $\frac{Da}{lb} \leq 5$ $\frac{Da}{lb} = 0.4$

ovalita: $u := 1.5$

$$ppa := \frac{20 \cdot K}{Spa} \cdot \frac{s - c}{Da} \cdot \frac{1}{1.5u \cdot \left(1 - 0.2 \cdot \frac{Da}{lb}\right) \cdot Da + \frac{100 \cdot (s - c)}{1}}$$

$$ppa = 52.541 \text{ bar}$$

$$ppa \geq P_{vnej}$$

VYHOVUJE

pro sférickou oblast:

$$pps := \frac{20 \cdot K}{Sps} \cdot \frac{s - c}{Da} \cdot \frac{1}{1.5u \cdot \left(1 - 0.2 \cdot \frac{Da}{lb}\right) \cdot Da + \frac{100 \cdot (s - c)}{1}}$$

$$pps = 39.406 \text{ bar}$$

$$pps \geq P_{vnej}$$

VYHOVUJE

MICHÁLEK Aleš Ing.
 Poradenství, konzultace, kontrola projektů
 Dle PED a TPED + výpočty
 Truhlářská 181/20, 405 02, Děčín 7
 Tel.: +420 602 290 754 e-mail: ales.michalek@seznam.cz
IČO: 09918230