

**Netopené tlakové nádoby –
Část 3: Konstrukce a výpočet****ČSN
EN 13445-3
OPRAVA 3
69 5245**

idt EN 13445-3:2002/Cor.15:2005-07

Corrigendum

Tato oprava ČSN EN 13445-3:2003 je českou verzí modifikaci evropské normy EN 13445-3:2002, vydanou v souladu s Resolucí BT C57/2002 pod následujícím označením změnových stran v jejím záhlaví: "Issue 15 (2005-07)"

This Corrigendum to ČSN EN 13445-3:2003 is the Czech version of modification issued in line with resolution BT C57/2002 which are identified with following references in the header of pages: EN 13445-3:2002 "Issue 15 (2005-07)"

Vypracování opravy normy

Zpracovatel: Chevess Engineering, s.r.o. Brno, IČ 26883473; Miroslav Patočka, dipl. tech.

Technická normalizační komise: TNK 91 Tlakové nádoby a zařízení chemického průmyslu

Pracovník Českého normalizačního institutu: Ing. Jan Jokeš

Mění se nebo doplňují následující články.

Předmluva se doplňuje:

Předmluva

Tento dokument (EN 13445-3:2002 a EN 13445-3:2002/A4:2005) byl vypracován technickou komisí CEN/TC 54 „Netopené tlakové nádoby“, jejíž sekretariát zajišťuje BSI.

Opravě EN 13445-3:2002 je nutno nejpozději do ledna 2006 dát status národní normy, a to buď vydáním identického textu, nebo schválením k přímému používání, a národní normy, které jsou s ní v rozporu, je nutno zrušit nejpozději do ledna 2006. EN 13445-3:2002/A4:2005 je nutno nejpozději do ledna 2006 dát status národní normy, a to buď vydáním identického textu, nebo schválením k přímému používání, a národní normy, které jsou s ní v rozporu, je nutno zrušit nejpozději do ledna 2006.

Tento dokument byl vypracován na základě mandátu uděleného CEN Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu a podporuje základní požadavky Směrnice EU 97/23/EC.

Vztah ke směrnici EU viz informativní přílohu ZA, která je nedílnou součástí tohoto dokumentu.

V této normě jsou přílohy A, B, C, E, F, G, J, P a Q normativní a přílohy D, H, I, K, L, M, N a O informativní.

Tato evropská norma sestává z následujících částí:

- Část 1: Všeobecně;
- Část 2: Materiály;
- Část 3: Konstrukce a výpočet;
- Část 4: Výroba;
- Část 5: Zkoušení a kontrola;
- Část 6: Požadavky pro navrhování a výrobu tlakových nádob a jejich částí z litiny s kuličkovým grafitem.

CR 13445-7 Netopené tlakové nádoby – Část 7: Návod na používání postupů posouzení shody

Podle Vnitřních předpisů CEN/CENELEC jsou tuto evropskou normu povinny zavést národní normalizační organizace následujících zemí: Belgie, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Irsko, Island, Itálie, Kypr, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Maďarsko, Malta, Německo, Nizozemsko, Norsko, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Spojeného království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko.

Článek 14.1 se upravuje s doplňuje:

14.1 Záměr

Tato kapitola uvádí konstrukční pravidla pro vlnovcové kompenzátory, které se skládají z jedné nebo více vln těchto tří následujících typů:

- a) nevyztužené kompenzátory tvaru U (viz obrázek 14.1-1a);
- b) vyztužené kompenzátory tvaru U (viz obrázek 14.1-1b);
- c) toroidální kompenzátory (viz obrázek 14.1-1c)

vystavené vnitřnímu nebo vnějšímu tlaku a cyklickým posuvům.

Tyto kompenzátory jsou zamýšlené pro instalování na tlakových nádobách, zejména u trubkových výměníků tepla, za účelem poskytnutí adekvátní flexibility pro teplotní roztažnost, při zajištění bezpečné konstrukce proti vnitřnímu tlaku.

POZNÁMKA Pozornost konstruktéra musí být věnována skutečnosti, že konstrukce vlnovcových kompenzátorů je komplexní záležitost, protože požadavky na flexibilitu a na pevnost jsou obecně konfliktní. Detailní informace o tomto problému jsou uvedeny v K.1

Pokud je předpokládána eroze nebo očekávány vibrace v důsledku rychlosti procházejícího média, mělo by být uváženo použití vnitřní objímky.

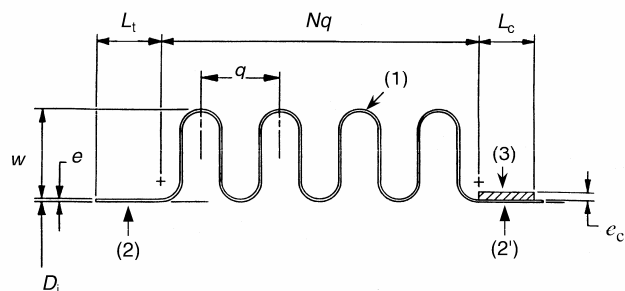
Článek 14.2.5 se mění:

14.2.5 Výztužné a vyrovnávací prstence (Reinforcing and equalizing rings)

Zařízení, které těsně přiléhá k patě vlny pro vyztužení kompenzátoru proti vnitřnímu tlaku.

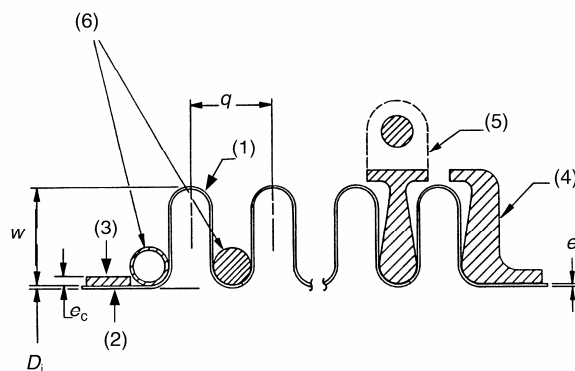
Výztužné prstence jsou vyráběny z trubek nebo kruhových tyčí. Vyrovnávací prstence mají přibližně průřez tvaru „T“ a jejich prvořadým účelem je omezit celkový rozsah axiálního posuvu.

Obrázek 14.1.1 se nahradí následujícím:



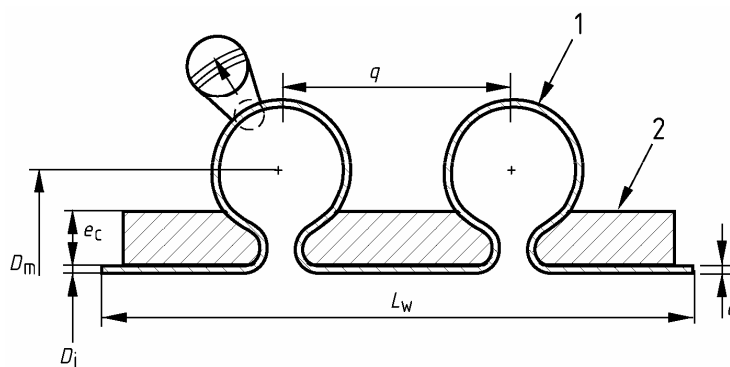
- (1) Vlna
- (2) Koncový lem s límcem
- (2) Koncový lem bez límce
- (3) Výztužný límec

a) Nevztužené kompenzátory tvaru U



- (1) Vlna
- (2) Koncový lem
- (3) Výztužný límec
- (4) Koncový vyrovnávací prsteneček
- (5) Vyrovnávací prsteneček
- (6) Výztužný prsteneček

b) Vztužené kompenzátory tvaru U



- (1) Vlna
- (2) Výztužný límec

c) Toroidální kompenzátory

Obrázek 14.1-1 – Tři typy vlnovcových kompenzátorů

Článek 14.3 – opravují se a doplňují následující značky:

A	je plocha příčného průřezu kovu jedné vlny daná vzorcem (14.5.2-7);
C_p, C_f, C_d	součinitele používané pro vlny tvaru U, viz obrázky 14.5.2-1, -2 a -3;
C_1, C_2	součinitele dané vzorci (14.5.2-8) a (14.5.2-9) používané pro určení součinitelů C_p, C_f, C_d ;
D_c	střední průměr límce daný vzorcem (14.5.2-2);
E_b	modul pružnosti materiálu vlnovců při konstrukční teplotě;
E_c	modul pružnosti materiálu límce při konstrukční teplotě;
E_o	modul pružnosti materiálu vlnovců při pokojové teplotě;
e_c	tloušťka límce, viz obrázek 14.1-1;
K_b	maxiální tuhost vlnovců daná vzorci (14.5.7-1, 14.6.8-1 nebo 14.7.8-1);
q	rozteč vln, daná vzorcem (14.5.3-10);
r_i	vnitřní poloměr anuloidu u vlny tvaru U, viz obrázek 14.5.1-1;
s_d	deformační napětí vyvolané tvářením při výrobě, viz 14.5.2.2;
α	součinitel spolupůsobení napětí v rovině nestability, daný vzorcem (14.5.2-2);
δ	poměr napětí v rovině nestability, daný vzorcem (14.5.2-11);
ν_b	Poissonova konstanta materiálu vlnovce;
σ_{eq}	celkový rozkmit napětí od cyklických posuvů.

Indexy:

b	pro vlnovec;
r	vyztužení;

Článek 14.4.1.3 se opravuje a doplňuje:

14.4.1.3 Vlnovce zahrnují válcový koncový lem délky L_t s límcem nebo bez límce (viz obrázek 14.1-1); jestliže je tloušťka stěny koncového lemu menší než tloušťka stěny válcové skořepiny, ke které je vlnovec přivařen, délka L_t musí být taková, že :

$$L_t - L_c \leq 0,5\sqrt{e \cdot D_i}$$

V tomto vzorci je $L_c = 0$, jestliže je vlnovec bez límce.

Doplňuje se článek 14.4.1.4:

14.4.1.4 Počet vrstev musí být takový, že platí:

$$n_p \leq 5$$

Článek 14.4.2 – první věta se opravuje:

Tento článek uvádí pravidla pro vlnovcové kompenzátory zatížené konstantním vnitřním tlakem a cyklickými axiálními posuvy.

Článek 14.4.4 se upravuje:

14.4.4 Materiály

Tato pravidla platí pro feritickou ocel, austenitickou ocel a slitiny nikl-chrom-železo, nikl-železo-chrom.

Článek 14.4.5 se nahrazuje následujícím zněním:

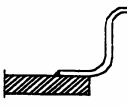
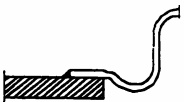
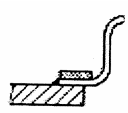
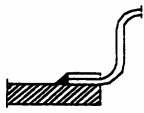
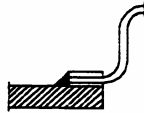
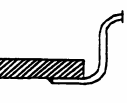

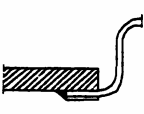
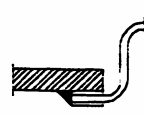

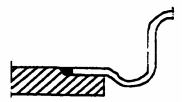
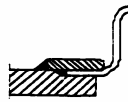
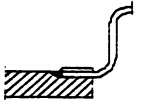

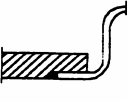

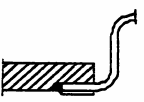

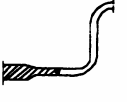



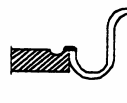
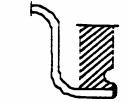
14.4.5 Svarové spoje

Vlnovcové kompenzátory mohou obsahovat jeden nebo více podélných svarů. Nevyztužené vlnovce tvaru U mohou mít rovněž obvodové svary (viz 14.5.9).

Obvodové připojovací svary jednovrstvých nebo vícevrstvých vlnovcových kompenzátorů musí být navrhovány podle náčrtů uvedených v tabulce 14.4.5-1.

Stávající tabulka 14.4.6-1 je nahrazena následující:

Tabulka 14.4.6-1 – Typické připojovací svary vlnovců

Typ svaru		Varianty (povolené jsou kombinace A až D)			
Čís.	Obecná konstrukce	A Zesílené hrdlo	B Výztužný límeč	Pomocný límeč	
				C Jednoduchý	D Dvojitý
1.1	¹⁾  Vnější překládaný spoj s koutovým svarem		^{2), 3)} 		
1.2	¹⁾  Vnitřní překládaný spoj s koutovým svarem				
2.1	 Vnější překládaný spoj s drážkovým svarem				
2.2	 Vnitřní překládaný spoj s drážkovým svarem				
3.0	⁴⁾  Tupý svar	⁴⁾ 			
4.1	⁵⁾  Radiální lemový svar (uvnitř nebo vně)				
4.2	 Axiální lemový svar (uvnitř nebo vně)				

POZNÁMKY

1) V případě koutových svarů, musí rozměr svaru „a“ splňovat následující vzorec

$$a \geq 0,7 e_s$$

kde e_s je jmenovitá tloušťka stěny připojené skořepiny.

2) Jestliže délka válcového koncového lemu vlnovce L_t je větší než:

$$L_t \geq 0,5 \sqrt{e \cdot D_i}, \text{ doporučuje se výztužný límeč.}$$

3) Výztužný límeč musí být axiálně fixován svarem nebo mechanicky.

4) V případě tupých svarů jsou nutné pro svařování vícevrstevných vlnovců speciální přípravky.

5) Průměr svaru nesmí být větší než střední průměr vlnovce D_m o více jak 20% výšky vlny w .

6) Tvarovky a výztužné límce na opačné straně vlnovce od strany nesoucí tlak musí být zaobleny poloměrem nebo úkosem na hraně kontaktu s koncovým lemem vlnovce.

POZNÁMKA Tyto obrázky nejsou vyčerpávající. Mohou být použity jiné konfigurace za předpokladu, že vedou k ekvivalentní bezpečnosti.

Číslo článku 14.4.7 se mění na 14.4.6 Instalace.

Článek 14.5.1.1 – první věta se upravuje:

Tento článek platí pro dva typy nevztužených vlnovců majících vlny s nominálním tvarem U.

Nad obrázek 14.5.1-1 se doplňuje text:

Každá vlna sestává z boční stěny a dvou anuloidů s téměř stejným poloměrem (u vrcholu a paty vlny) v neutrální poloze tak, že profil vlny představuje hladký geometrický tvar uvedený na obrázku 14.5.1-1.

Legenda k obrázku 14.5.1-1 se upravuje:

Legenda

- | | |
|--------------------------------------|-----------------|
| (1) Koncový lem bez výztužného límce | (3) Pata vlny |
| (2) Koncový lem s výztužným límcem | (4) Vrchol vlny |

Článek 14.5.1.2 se nahrazuje zněním:

14.5.1.2 Podmínky platnosti

Platí následující podmínky platnosti jako dodatek k podmínkám uvedeným ve 14.4.

Připouští se 10% změna mezi poloměrem u vrcholu vlny r_{ic} a poloměrem u paty vlny r_{ir} (viz obrázek 14.5.1-2 pro definici r_{ic} a r_{ir})

Poloměr anuloidu musí být takový, že platí:

$$r_i \geq 3 e_p ,$$

kde

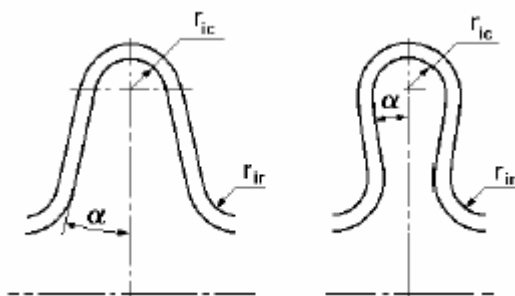
$$r_i = \frac{r_{ic} + r_{ir}}{2}$$

Úhel odchyly bočních stěn α musí být v neutrální poloze:

$$-15^\circ \leq \alpha \leq +15^\circ \text{ stupňů (viz obrázek 14.5.1-2);}$$

Výška vlny musí být $w \leq \frac{D_i}{3}$.

Obrázek 14.5.1-2 se nahrazuje následujícím:



Článek 14.5.2 – mění se jeho název:

14.5.2 Stanovení mezilehlých hodnot

Doplňuje se článek 14.5.2.1:

14.5.2.1 Všeobecně

Pro stanovení mezilehlých součinitelů jsou použity následující vzorce.

Vzorce (14.5.2-1) až (14.5.2-9) se nemění, doplňují se vzorce (14.5.2-10) až (14.5.2-12):

$$q = 4r_i + 2e \quad (14.5.2-10)$$

$$\delta = \frac{\sigma_{m,b}}{3\sigma_{2,1}} \quad (14.5.2-11)$$

$$\alpha = 1 + 2\delta^2 + \sqrt{(1 - 2\delta^2 + 4\delta^4)} \quad (14.5.2-12)$$

Doplňuje se článek 14.5.2.2:

14.5.2.2 Stanovení napětí vyvolaného při přetvoření

Maximální skutečné napětí vyvolané při přetvoření vlnovce je dáno vzorcem:

$$s_d = 1,04\sqrt{s_2^2 + s_b^2} \quad (14.5.2-13)$$

Skutečné obvodové deformační napětí při přetvoření s_c závisí na tvářecím postupu. Pro běžné tvářecí postupy musí být používány následující vzorce:

- pro hydraulické a podobné postupy, kdy je tváření prováděno 100% k vnějšku výchozího válce:

$$s_2 = \ln\left(1 + 2\frac{W}{D_i}\right) \quad (14.5.2.14)$$

- při tváření válcováním s 50% tvářením uvnitř a 50% na vnějšku výchozího válce:

$$s_2 = \ln\left(1 + \frac{W}{D_i}\right) \quad (14.5.2.15)$$

- při polovičních vlnách vyráběných z kruhových desek na válcových ohýbačkách nebo jinými způsoby, kde maximální deformační napětí vzniká u vnitřního vrcholu:

$$s_2 = -\ln\left[1 - \frac{\left(\frac{\pi}{2} - 1\right)(2r_i + e_p)}{D_i + e_p}\right] \quad (14.5.2-16)$$

Ohybová složka skutečného deformačního napětí vyvolaného přetvořením s_p je nezávislá na způsobu tváření a je dána vzorcem:

$$s_b = \ln\left[1 + \frac{e_p}{2r_i + e_p}\right] \quad (14.5.2-17)$$

Článek 14.5.3 – název se mění:

14.5.3 Napětí vyvolané vnitřním tlakem

Vzorec (14.5.3-1) se upravuje:

$$\sigma_{\theta,t}(P) = \frac{1}{2} \cdot \frac{(D_i + e)^2 \cdot L_t \cdot E_b \cdot k}{e \cdot (D_i + e) \cdot L_t \cdot E_b + e_c \cdot D_c \cdot L_c \cdot E_c \cdot k} \cdot P \quad (14.5.3-1)$$

Vzorec (14.5.3-2) se upravuje:

$$\sigma_{\theta,c}(P) = \frac{1}{2} \cdot \frac{D_c^2 \cdot L_t \cdot E_c \cdot k}{e \cdot (D_i + e) \cdot L_t \cdot E_b + e_c \cdot D_c \cdot L_c \cdot E_c \cdot k} \cdot P \quad (14.5.3-2)$$

Článek 14.5.3.3 – text pod vzorcem (14.5.3-7) se upravuje:

kde

$$K_f = 3,0 \text{ pro vlnovce ve stavu po tváření (tvářené za studena)} \quad (14.5.3-8)$$

$$K_f = 1,5 \text{ pro žíhané vlnovce (netvářené za studena)} \quad (14.5.3-9)$$

Článek 14.5.4 se nahrazuje novým zněním:

14.5.4 Nestabilita způsobená vnitřním tlakem

14.5.4.1 Prutová nestabilita

Dovolený vnitřní konstrukční tlak pro vyrovnání se prutové nestabilitě $P_{s,c}$ je dána vzorcem:

$$P_{s,c} = 0,34 \frac{\pi K_b}{Nq} \quad (14.5.4-1)$$

Vnitřní tlak P nesmí překročit $P_{s,c}$:

$$P \leq P_{s,c}$$

14.5.4.2 Rovinná nestabilita

Dovolený vnitřní konstrukční tlak pro vyrovnání se rovinné nestabilitě je dán vzorcem:

$$P_{s,i} = (\pi - 2) \frac{AR_e^*}{D_m q \sqrt{\alpha}} \quad (14.5.4-2)$$

kde

R_e^* je efektivní smluvní mez kluzu materiálu vlnovce při konstrukční teplotě ve stavu po tváření nebo ve stavu po žíhání.

Pokud nejsou k dispozici v materiálových normách hodnoty pro R_e^* , musí být pro austenitické oceli použity následující hodnoty:

$$a) R_e^* = K_d R_{p1,0/t} \quad \text{pro vlnovce ve stavu po tváření (tvářené za studena)} \quad (14.5.4-3)$$

$$b) R_e^* = 0,75 R_{p1,0/t} \quad \text{pro žíhané vlnovce (netvářené za studena)} \quad (14.5.4-4)$$

kde

$R_{p1,0/t}$ je 1% mez kluzu při konstrukční teplotě, jak je definováno v kapitole 4.

K_d součinitel vlnovce tvářeného za studena, daný:

$$K_d = \begin{cases} 1 + 5 \times s_d & \text{když } s_d \leq 0,2 \\ 2,0 & \text{když } s_d > 0,2 \end{cases} \quad (14.5.4-5)$$

Pro neaustenickou ocel: $R_e^* = R_{p0,2/t}$

Vnitřní tlak nesmí překročit $P_{s,i}$:

$$P \leq P_{s,i}$$

Článek 14.5.5 – název se mění:

14.5.5 Vnější výpočtový tlak

Článek 14.5.5.1 – název se mění:

14.5.5.1 Napětí vyvolané vnějším tlakem

Vzorec (14.5.5-1) se nahrazuje vzorcem:

$$D_{eq} = D_i + w + 2e_{eq} \quad (14.5.5-1)$$

Článek 14.5.6.3.1

Druhá věta prvního odstavce se upravuje:

Dovolený počet cyklů N_{alw} , vypočtený podle tohoto článku, se musí rovnat nejméně: $N_{alw} \geq N_{spe}$

Druhý, čtvrtý a pátý odstavec se upravují:

Dovolený počet cyklů daný následujícími vzorci zahrnuje rozumnou rezervu bezpečnosti (součinitel 3 k cyklům a 1,25 k napětí) a reprezentuje maximální počet cyklů pro uvažované provozní podmínky.

Proto by se neměl používat dodatečný součinitel bezpečnosti. Příliš konzervativní odhad počtu cyklů může vyžadovat větší počet vln a vede u vlnovců k vyšší náchylnosti ke zkroucení.

Jsou-li vlnovce vystaveny různým deformačním cyklům, jako ty které jsou vyvolány najetím nebo odstavením, počítá se jejich celkové poškození použitím Minerova pravidla pro kumulativní únavové poškození (viz 18.5.6).

Použití specifických únavových křivek stanovených výrobcem bude zahrnuto později a specifické požadavky pro jejich používání budou obsaženy v příloze K.3 (podle uvážení CEN/TC 54/WG C).

Článek 14.5.6.3.2 se nahrazuje následujícím zněním:

14.5.6.3.2 Austenitická ocel a jiné podobné materiály

Následující vzorce platí pro vlnovce z austenitické oceli ze slitin nikl-chrom-železo a nikl-železo-chrom ve stavu po tváření.

Dovolený počet cyklů je dán (viz obrázek 14.5.6-1):

– když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{eq} \geq 1080 \text{ N/mm}^{-2}$

$$N_{alw} = \left[\frac{9283,3}{\frac{E_0}{E_b} \sigma_{eq} - 372,3} \right]^{3,4} \quad (14.5.6-4)$$

– kde σ_{eq} je vyjádřeno v N/mm^{-2} .

– když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{eq} < 1080 \text{ N/mm}^{-2}$.

$$N_{alw} = \left[\frac{10259,4}{\frac{E_0}{E_b} \sigma_{eq} - 297,9} \right]^{3,4} \quad (14.5.6-5)$$

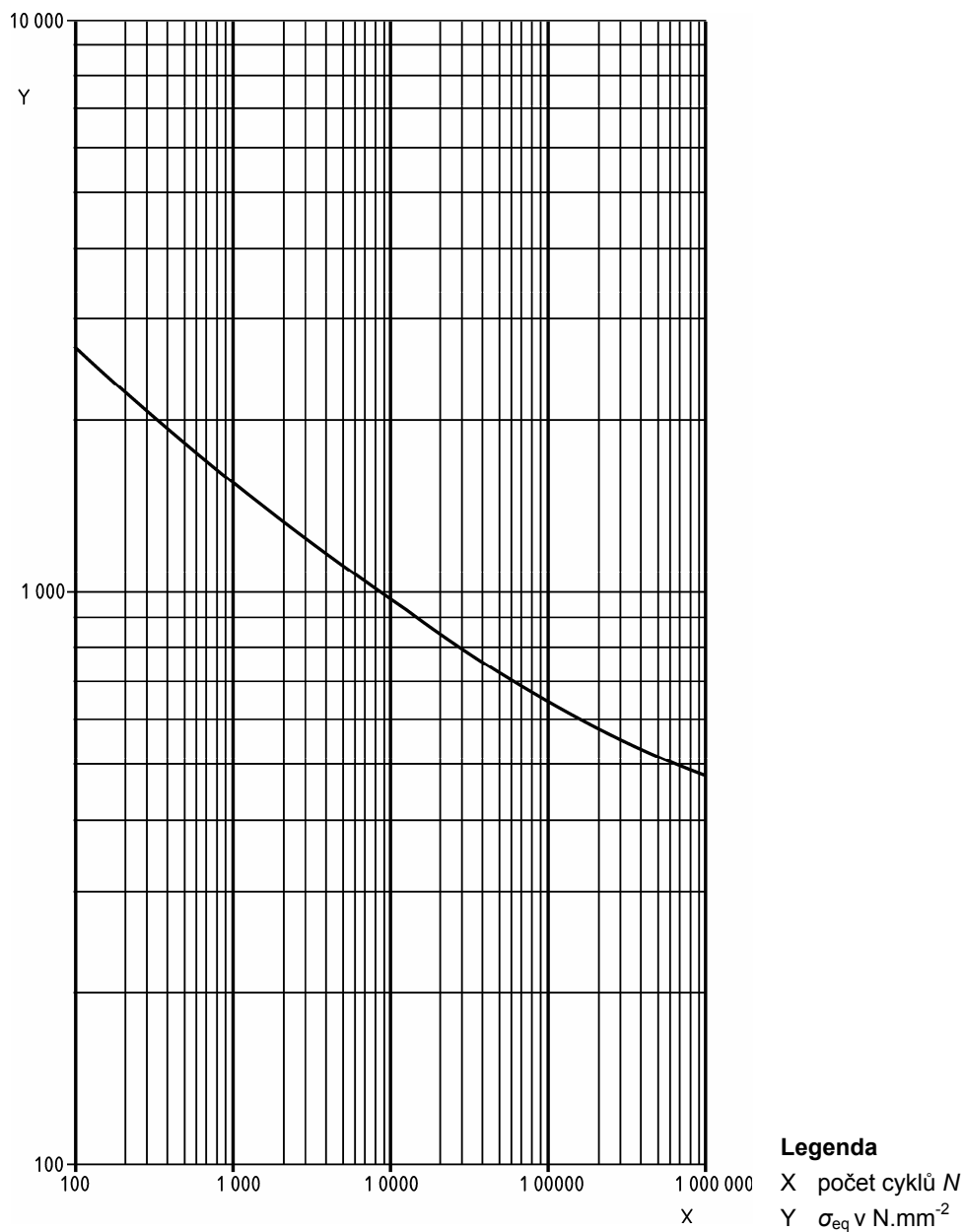
- kde σ_{eq} je vyjádřeno v N/mm^2
- když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{eq} \leq 297,9 N/mm^2$ musí být použit počet cyklů $N_{alw} = 10^6$

Křivka a vzorec platí pouze pro: $370 \leq N_{alw} \leq 10^6$

Článek 14.5.7 – vzorec (14.5.7-1) se upravuje:

$$K_b = \frac{F}{N \cdot \Delta q} = \frac{\pi}{2(1 - \nu_b^2)} \cdot E_b \cdot \frac{n_p}{N} \cdot D_m \cdot \left(\frac{e_p^*}{w}\right)^3 \cdot \frac{1}{C_f} \quad (14.5.7-1)$$

Obrázek 14.5.6-1 se nahrazuje následujícím diagramem a obrázek 14.5.6-2 se ruší bez náhrady



Obrázek 14.5.6-1 – Únavová křivka při pokojové teplotě ($E_b = E_0$) pro nevyztužené vlnovce ve stavu po tváření

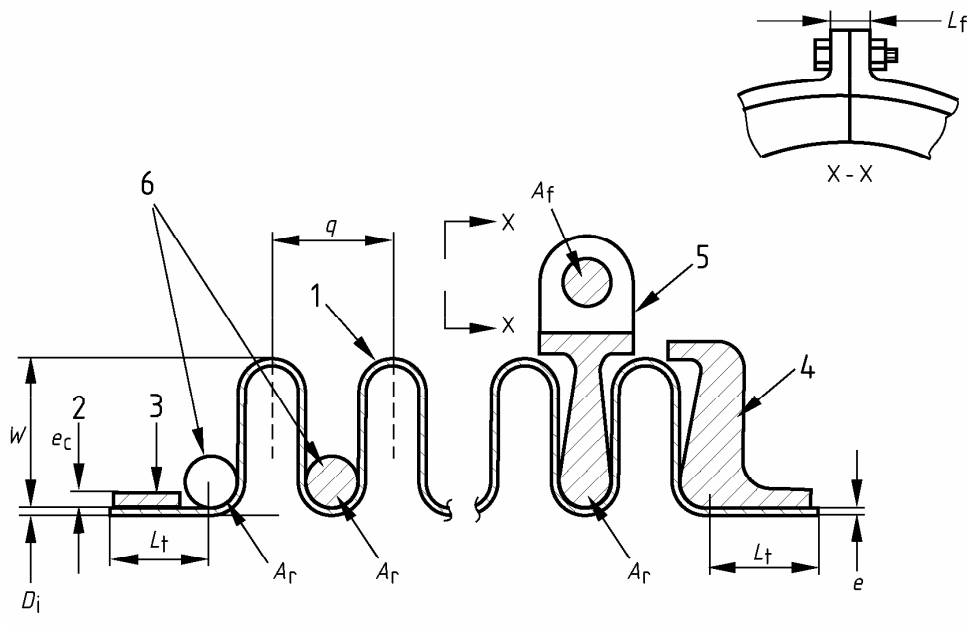
Článek 14.6 se mění a doplňuje:

14.6 Vyztužené vlnovcové kompenzátory tvaru U

14.6.1 Záměr

Tento článek pro vlnovce vlny s nominálním tvarem U s prstencem pro vyztužení vlnovce proti vnitřnímu tlaku.

Každá vlna sestává z boční stěny a dvou anuloidů se stejným poloměrem (u vrcholu a paty vlny) s neutrální poloze tak, že profil vlny představuje hladký geometrický tvar uvedený na obrázku 14.6.1-1.



Legenda

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| (1) Vlna | (4) Koncový vyrovnávací prsteneček |
| (2) Koncový lem | (5) Vyrovnávací prsteneček |
| (3) Vyztužující límeček | (6) Vyztužující prsteneček |

Obrázek 14.6.1-1 – Vyztužené vlnovce tvaru U

Následující značky platí jako doplněk ke značkám uvedeným v kapitole 4 a článku 14.3

- A_f je plocha průřezu kovu jednoho vyztužujícího upevňovacího členu, viz obrázek 14.6.1-1;
- A_r plocha průřezu kovu jednoho členu vyztužujícího prstence vlnovce, viz obrázek 14.6.1-1;
- C_r součinitele výšky vlny vyztuženého vlnovce, daný vzorcem (14.6.3-11);
- E_f modul pružnosti materiálu vyztužujícího upevňovacího členu při konstrukční teplotě;
- E_r modul pružnosti materiálu vyztužujícího kroužku při konstrukční teplotě;
- H výsledná celková síla působící na vlnovce a vyztužení od vnitřního tlaku, daná vzorcem (14.6.3-12);
- f_f dovolené namáhání materiálu vyztužujícího upevňovacího členu při konstrukční teplotě;
- f_r dovolené namáhání materiálu vyztužujícího kroužku při konstrukční teplotě;
- R poměr síly od vnitřního tlaku, které odolává vlnovec k síle od vnitřního tlaku, kterému odolává vyztužení, daný vzorcem (14.6.4-3).

14.6.2 Podmínky platnosti

Platí následující podmínky platnosti jako dodatek k podmínkám uvedeným ve 14.4.

a) Připouští se 10% změna mezi poloměrem u vrcholu vlny r_{ic} a poloměrem u paty vlny r_{ir} (viz obrázek 14.5.1-2 pro definici r_{ic} a r_{ir})

b) Poloměr anuloidu musí být takový, že platí:

$$r_i \geq 3 e_p,$$

kde

$$r_i = \frac{r_{ic} + r_{ir}}{2}$$

c) Úhel odchytky bočních stěn α musí být v neutrální poloze:

$$-15^\circ \leq \alpha \leq +15^\circ \text{ stupňů (viz obrázek 14.5.1-2);}$$

d) Výška vlny musí být $w \leq \frac{D_i}{3}$.

14.6.3 Stanovení mezilehlých veličin

Pro stanovení mezilehlých součinitelů jsou použity následující vzorce:

$$e = n_p e_p \quad (14.6.3-1)$$

$$D_c = D_i + 2e + e_c \quad (14.6.3-2)$$

$$D_m = D_i + w + e \quad (14.6.3-3)$$

$$e_p^* = e_p \sqrt{\frac{D_i}{D_m}} \quad (14.6.3-4)$$

$$e^* = n_p e_p^* \quad (14.6.3-5)$$

$$k = \min \left[\left(\frac{L_t}{1,5 \sqrt{D_i e_p}} \right); (1,0) \right] \quad (14.6.3-6)$$

$$A = e^* [2w + (\pi - 2)(2r_i + e)] \quad (14.6.3-7)$$

$$C_1 = \frac{2r_i + e}{w} \quad (14.6.3-8)$$

$$C_2 = \frac{2r_i + e}{1,1 \sqrt{D_m e_p^*}} \quad (14.6.3-9)$$

$$q = 4r_i + 2e \quad (14.6.3-10)$$

$$C_r = 0,3 - \left(\frac{100}{148P^{1,5} + 320} \right)^2, \quad (14.6.3-11)$$

kde P je vyjádřeno v N/mm^2

$$H = PD_m q \quad (14.6.3-12)$$

$$R_1 = \frac{AE_b}{A_r E_r} \quad (14.6.3-13)$$

$$R_2 = \frac{AE_b}{D_m} \left(\frac{L_f}{A_f E_f} + \frac{D_m}{A_r E_r} \right) \quad (14.6.3-14)$$

14.6.4 Napětí vyvolaná vnitřním tlakem

14.6.4.1 Koncový lem

Obvodové membránové napětí od tlaku:

$$\sigma_{2,t}(P) = \frac{1}{2} \left[\frac{(D_i + e)^2 L_t E_b k}{e(D_i + e)L_t E_b + e_c D_c L_c E_c k} \right] P \quad (14.6.4-1)$$

musí vyhovovat vztahu:

$$\sigma_{2,t}(P) \leq f$$

14.6.4.2 Límeč

Obvodové membránové napětí od tlaku:

$$\sigma_{2,c}(P) = \frac{1}{2} \left[\frac{D_c^2 L_t E_c k}{e(D_i + e)L_t E_b + e_c D_c L_c E_c k} \right] P \quad (14.6.4-2)$$

musí platit:

$$\sigma_{2,c}(P) \leq f_c$$

14.6.4.3 Vlny kompenzátoru

a) Obvodové membránové napětí od tlaku:

$$\sigma_2 = \frac{H}{2A} \left(\frac{R}{R+1} \right) \quad (14.6.4-3)$$

musí platit: $\sigma_2 \leq f$

kde

$R = R_1$ pro integrální členy vyztužujícího prstence, dáno vztahem (14.6.3-12);

$R = R_2$ pro členy vyztužujícího prstence připojené příchytkami, dáno vztahem (14.6.3-13).

POZNÁMKA V případě, že jsou vyztužující členy vyráběny ze segmentů a připojeny tahovými příchytkami předpokládá tento vzorec, že konstrukce použitá k přidržení příchytky není ohýbaná, aby bylo umožněno vyztužujícímu členu expandování diametrálně. Mimo to musí být konce vyztužujících členů chráněny proti podélnému prstencovému zatížení vlnovců od tlaku.

b) Meridiánové membránové napětí od tlaku je dáno vztahem:

$$\sigma_{m,m}(P) = 0,85 \frac{(w - C_r q)}{2e^*} P \quad (14.6.4-4)$$

c) Meridiánové a ohybové napětí musí vyhovovat vztahu:

$$\sigma_{m,b}(P) = \frac{0,85}{2n_p} \left(\frac{w - C_r q}{2e_p^*} \right)^2 P \quad (14.6.4-5)$$

d) Meridiánové ohybové napětí je dáno vztahem:

$$\sigma_{m,m}(P) + \sigma_{m,b}(P) \leq K_f f \quad (14.6.4-6)$$

kde

$K_f = 3,0$ pro vlnovce ve stavu po tváření (tváření za studena);

$K_f = 1,5$ pro žíhané vlnovce (bez tváření za studena)

14.6.4.4 Člen vyztužujícího prstence

Obvodové membránové napětí od tlaku

$$\sigma_{2,r}^*(P) = \frac{H}{2A_r} \left(\frac{1}{R_1 + 1} \right) \quad (14.6.4-7)$$

musí vyhovovat vztahu:

$$\sigma_{2,r}^*(P) \leq f_r$$

POZNÁMKA V případě použití vyrovnávacího prstence tento vzorec dává pouze jednoduché membránové napětí a neobsahuje ohybové napětí vyvolané excentrickým umístěním upevňovacího členu. Pro stanovení těchto napětí může být použita elastická analýza nebo aktuální zkoušky:

14.6.4.5 Vyztužující upevňovací člen

Membránové napětí od tlaku

$$\sigma_{2,f}^*(P) = \frac{H}{2A_f} \left(\frac{1}{R_2 + 1} \right) \quad (14.6.4-8)$$

musí vyhovovat vztahu

$$\sigma_{2,f}^*(P) \leq f_f$$

14.6.5 Nestabilita od vnitřního tlaku

14.6.5.1 Prutová nestabilita

Dovolený vnitřní konstrukční tlak $P_{s,c}$ pro předcházení prutové nestabilitě je dán vzorcem

$$P_{s,c} = 0,3 \frac{\pi K_b}{Nq} \quad (14.6.5-1)$$

Vnitřní tlak P nesmí překročit hodnotu $P_{s,c}$:

$$P \leq P_{s,c}$$

14.6.5.2 Rovinná nestabilita

Vyztužené vlnovce nejsou vystaveny rovinné nestabilitě.

14.6.6 Návrh pro vnější tlak

14.6.6.1 Napětí od vnějšího tlaku

Použijí se pravidla podle 14.5.3 týkající se nevyztužených vlnovců, přičemž se za P bere absolutní hodnota vnějšího tlaku.

Když jsou vlnovcové kompenzátory vystaveny vakuu, provede se výpočet za předpokladu, že podtlaku odolává pouze vnitřní vrstva. Vzorce pro napětí od tlaku v 14.5.3 se použijí s $n_p = 1$.

14.6.6.2 Nestabilita od vnějšího tlaku

Obvodová nestabilita vyztužených vlnovců musí být počítána stejným způsobem jako pro vlnovce nevyztužené.

Viz 14.5.5.2.

14.6.7 Vyhodnocení únavy

14.6.7.1 Výpočet napětí od celkového ekvivalentního axiálního rozkmitu napětí Δq každé vlny

Pro stanovení napětí od celkového ekvivalentního axiálního rozkmitu napětí Δq každé vlny se používají následující vzorce.

a) Membránové meridiánové napětí $\sigma_{m,n}(\Delta q)$ je dáno vzorcem:

$$\sigma_{m,n}(\Delta q) = \frac{E_b (e_p^*)^2}{2(w - C_r q)^2 C_f} \Delta q \quad (14.6.7-1)$$

b) Meridiánové ohybové napětí $\sigma_{m,b}(\Delta q)$ je dáno vzorcem:

$$\sigma_{m,b}(\Delta q) = \frac{5}{3} \left[\frac{E_b e_p^*}{(w - C_r q)^2 C_d} \right] \Delta q \quad (14.6.7-2)$$

14.6.7.2 Výpočet celkového rozkmitu napětí od cyklického posouvání

Celkový rozkmit napětí od cyklického posouvání σ_{eq} je dán vzorcem:

$$\sigma_{eq} = 0,7 [\sigma_{m,n}(P) + \sigma_{m,h}(P)] + [\sigma_{m,n}(\Delta q) + \sigma_{m,h}(\Delta q)] \quad (14.6.7-3)$$

14.6.7.3 Výpočet dovoleného počtu cyklů

14.6.7.3.1 Všeobecně

a) Specifikovaný počet cyklů N_{spe} musí být určen na základě úvahy o očekávaném počtu cyklů, které se předpokládají během provozní životnosti vlnovce. Dovolенý počet cyklů N_{alw} , tak jak je odvozen v tomto článku musí být větší než N_{spe} : $N_{alw} \geq N_{spe}$

Dovolенý počet cyklů daný následujícími vzorci zahrnuje rozumnou rezervu bezpečnosti (součinitel 3 k cyklům a 1,25 k napětí) a reprezentuje maximální počet cyklů pro uvažované provozní podmínky. Proto by se neměl používat dodatečný součinitel bezpečnosti; příliš konzervativní odhad počtu cyklů může vyžadovat větší počet vln a vede u vlnovců k vyšší náchylnosti ke zhroutilí.

b) Jsou-li vlnovce vystaveny různým deformačním cyklům, jako ty které jsou vyvolány najetím nebo odstavením, počítá se jejich celkové poškození použitím Minerova pravidla pro kumulativní únavové poškození (viz 18.5.6).

c) Použití specifických únavových křivek stanovených výrobcem bude zahrnuto později a specifické požadavky pro jejich používání budou obsaženy v příloze K.3 (podle uvážení CEN/TC 54/WGC).

14.6.7.3.2 Austenitická ocel a jiné podobné materiály

Tento článek platí pro vlnovce ve stavu po tváření vyrobené z austenitické oceli, slitiny nikl-chrom-železo a slitiny nikl-železo-chrom.

Dovolенý počet cyklů je dán následujícími vzorci (viz obrázek 14.6.7-1):

– když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{eq} \geq 630,4 \text{ N/mm}^{-2}$:

$$N_{alw} = \left[\frac{24\,452,5}{\frac{E_0}{E_b} \sigma_{eq} - 288,2} \right]^{2,9} \quad (14.6.7-4)$$

kde σ_{eq} je vyjádřeno v N/mm^{-2}

- když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} < 630,4 \text{ N/mm}^{-2}$

$$N_{\text{alw}} = \left[\frac{28\,571,9}{\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} - 230,6} \right]^{2,9} \quad (14.6.7-5)$$

kde σ_{eq} je vyjádřeno v N/mm^{-2} .

- když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} \leq 230,6 \text{ N/mm}^{-2}$ musí být použito $N_{\text{alw}} = 10^6$ cyklů.

Křivka a vzorec platí pouze pro:

$$10^2 \leq N_{\text{alw}} \leq 10^6$$

14.6.7.3.3 Feritická ocel

Musí být použity příslušné únavové křivky 18.10 nebo 18.11.

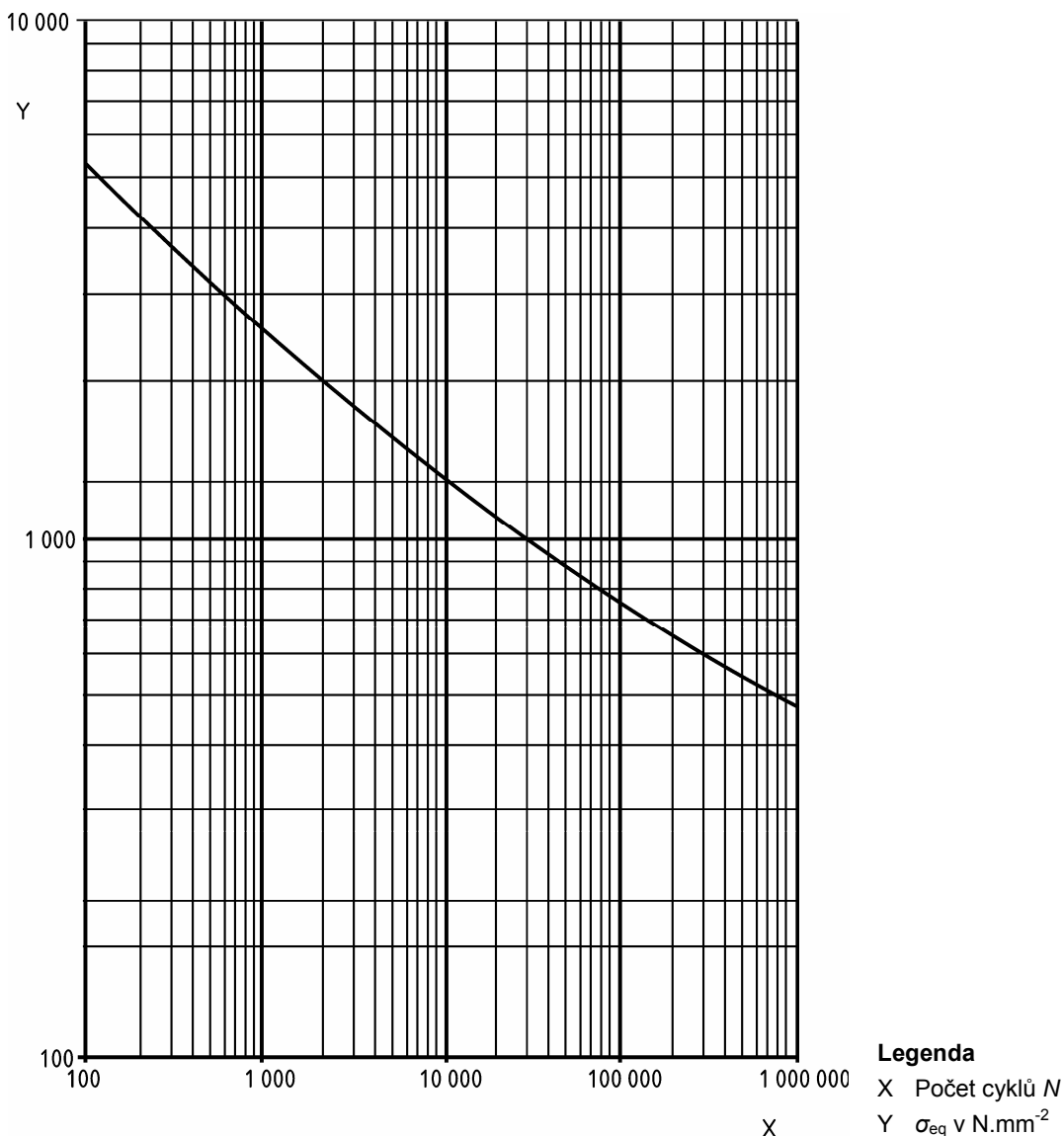
14.6.8 Axiální tuhost

Teoretická axiální tuhost vlnovců skládajících se z N vln může být vyčíslena následujícím vzorcem:

$$K_b = \left[\frac{\pi}{2(1-\nu_b^2)} \right] \frac{\eta_p}{N} E_b D_m \left[\frac{e_p^*}{(w - C_r q)} \right]^3 \frac{1}{C_f} \quad (14.6.8-1)$$

Tento vzorec platí pouze v elastickém rozsahu.

POZNÁMKA Mimo tento rozsah mohou být použity nižší hodnoty založené na zkušenostech výrobce nebo na výsledcích reprezentativních zkoušek (viz K.1).

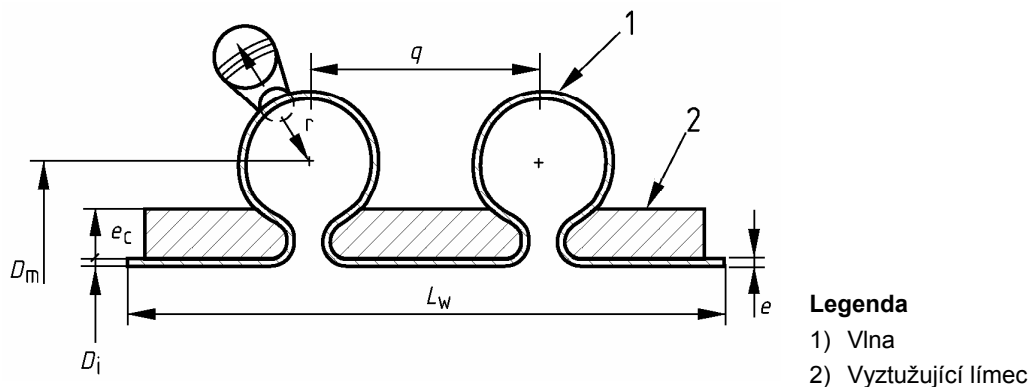


Obrázek 14.6.7-1 – Únavová křivka při pokojové teplotě ($E = E_0$) pro vlnovce ve stavu po tváření

14.7 Toroidální vlnovcové kompenzátory

14.7.1 Záměr

Tento článek platí pro vlnovce s toroidálními vlnami. Každá vlna sestává z anuloidu o poloměru r , jak je vyznačeno na obrázku 14.7.1-1.



Obrázek 14.7.1-1 – Toroidální vlnovce

Následující značky platí jako doplněk ke značkám uvedeným ve 14.3.

A_c je plocha průřezu kovu všech výztužných límců toroidálních vlnovců;

B_1, B_2, B_3 jsou součinitele dané tabulkou 14.7.3-1;

r je střední poloměr vlny toroidálního vlnovce.

14.7.2 Podmínky platnosti

Platí všeobecné podmínky platnosti uvedené ve 14.4.

14.7.3 Stanovení mezilehlých veličin

Pro stanovení mezilehlých veličin jsou použity následující vzorce:

$$e = n_p e_p \quad (14.7.3-1)$$

$$D_c = D_i + 2e + e_c \quad (14.7.3-2)$$

$$D_m = D_i + w + e \quad (14.7.3-3)$$

$$e_p^* = e_p \sqrt{\frac{D_i}{D_m}} \quad (14.7.3-4)$$

$$e^* = n_p e_p^* \quad (14.7.3-5)$$

Tabulka 14.7.3-1 – Součinitele B_1, B_2, B_3

$\frac{6,61 r^2}{D_m t_p}$	B_1	B_2	B_3
0	1,0	1,0	1,0
1	1,1	1,0	1,1
2	1,4	1,0	1,3
3	2,0	1,0	1,5
4	2,8	1,0	1,9
5	3,6	1,0	2,3
6	4,6	1,1	2,8
7	5,7	1,2	3,3
8	6,8	1,4	3,8
9	8,0	1,5	4,4
10	9,2	1,6	4,9
11	10,6	1,7	5,4
12	12,0	1,8	5,9
13	13,2	2,0	6,4
14	14,7	2,1	6,9
15	16,0	2,2	7,4
16	17,4	2,3	7,9
17	18,9	2,4	8,5
18	20,3	2,6	9,0
19	21,9	2,7	9,5
20	23,3	2,8	10,0

14.7.4 Napětí od vnitřního tlaku

14.7.4.1 Koncový lem

Obvodové membránové napětí od tlaku:

$$\sigma_{2t}(P) = \frac{1}{2} \left[\frac{(D_i + e)^2 L_w E_b}{e(D_i + e)L_w E_b + D_c E_c A_c} \right] P \quad (14.7.4-1)$$

musí platit:

$$\sigma_{2t}(P) \leq f_t$$

14.7.4.2 Límce

Obvodové membránové napětí od tlaku:

$$\sigma_{2c}(P) = \frac{1}{2} \left[\frac{D_c^2 L_w E_c}{e(D_i + e)L_w E_b + D_c E_c A_c} \right] P \quad (14.7.4-2)$$

musí platit

$$\sigma_{2c}(P) \leq f_c$$

14.7.4.3 Vlny vlnovců

Pro určování vln vlnovců jsou použity následující vzorce:

a) odové membránové napětí od tlaku:

$$\sigma_{\theta}(P) = \frac{r}{2e^*} P \quad (14.7.4-3)$$

musí platit

$$\sigma_{\theta}(P) \leq f$$

b) idiánové membránové napětí od tlaku:

$$\sigma_{m,m}(P) = \frac{r}{e^*} \left(\frac{D_m - r}{D_m - 2r} \right) P \quad (14.7.4-4)$$

musí platit

$$\sigma_{m,m}(P) \leq f$$

14.7.5 Nestabilita od vnitřního tlaku

14.7.5.1 Prutová nestabilita

Dovolený vnitřní konstrukční tlak $P_{s,c}$ pro předcházení prutové nestabilitě je dán vzorcem

$$P_{s,c} = 0,15 \frac{\pi K_b}{Nr} \quad (14.7.5-1)$$

Vnitřní tlak P nesmí překročit hodnotu $P_{s,c}$:

$$P \leq P_{s,c}$$

14.7.5.2 Rovinná nestabilita

Toroidální vlnovce nejsou vystaveny rovinné nestabilitě.

14.7.6 Návrh pro vnější tlak

14.7.6.1 Napětí od vnějšího tlaku

Použijí se pravidla podle 14.7.4 týkající se nevztužených vlnovců, přičemž ze za P bere absolutní hodnota vnějšího tlaku a ve vzorci se použije A_c .

Když jsou vlnovcové kompenzátory vystaveny vakuu, provede se výpočet za předpokladu, že podtlaku odolává pouze vnitřní vrstva. Vzorce pro napětí od tlaku v 14.7.4 se použijí s $n_p = 1$.

14.7.6.2 Nestabilita od vnějšího tlaku

Nestabilita od vnějšího tlaku není současnými pravidly pokryta.

14.7.7 Vyhodnocení únavy

14.7.7.1 Výpočet napětí od celkového ekvivalentního axiálního rozkmitu napětí Δq každé vlny

Pro stanovení napětí od celkového ekvivalentního axiálního rozkmitu napětí Δq každé vlny se používají následující vzorce.

a) membránové meridiánové napětí $\sigma_{m,m}(\Delta q)$ je dáno vzorcem:

$$\sigma_{m,m}(\Delta q) = \frac{E_b (e_p^*)^2 B_1}{34,3r^3} \Delta q \quad (14.7.7-1)$$

b) meridiánové ohybové napětí $\sigma_{m,b}(\Delta q)$ je dáno vzorcem:

$$\sigma_{m,b}(\Delta q) = \frac{E_b e_p^* B_2}{5,72r^2} \Delta q \quad (14.7.7-2)$$

14.7.7.2 Výpočet celkového rozkmitu napětí od cyklického posouvání

Celkový rozkmit napětí od cyklického posouvání σ_{eq} je dán vzorcem:

$$\sigma_{eq} = 3\sigma_{m,m}(P) + \sigma_{m,m}(\Delta q) + \sigma_{m,b}(\Delta q) \quad (14.7.7-3)$$

14.7.7.3 Výpočet dovoleného počtu cyklů

14.7.7.3.1 Všeobecně

a) cifikovaný počet cyklů N_{spe} musí být určen na základě úvahy o očekávaném počtu cyklů, které se předpokládají během provozní životnosti vlnovce. Dovolенý počet cyklů N_{alw} , tak jak je odvozen v tomto článku musí být větší než N_{spe} : $N_{alw} \geq N_{spe}$.

Dovolенý počet cyklů daný následujícími vzorci zahrnuje rozumnou rezervu bezpečnosti (součinitel 3 k cyklům a 1,25 k napětí) a reprezentuje maximální počet cyklů pro uvažované provozní podmínky. Proto by se neměl používat dodatečný součinitel bezpečnosti; příliš konzervativní odhad počtu cyklů může vyžadovat větší počet vln a vede u vlnovců k vyšší náchylnosti ke zhroucení.

a) Je-li vlnovce vystaveny různým deformačním cyklům, jako ty které jsou vyvolány najetím nebo odstavením, jejich celkové poškození musí být vypočteno s použitím Minerova pravidla pro kumulativní únavové poškození (viz 18.5.6).

b) Použití specifických únavových křivek stanovených výrobcem bude zahrnuto později a specifické požadavky pro jejich používání budou obsaženy v příloze K.3 (podle uvážení CEN/TC 54/WGC).

14.7.7.3.2 Austenitická ocel a jiné podobné materiály

Tento článek platí pro vlnovce ve stavu po tvářením vyrobené z austenitické oceli, slitiny nikl-chrom-železo a slitiny nikl-železo-chrom.

Dovolený počet cyklů je dán následujícími vzorci (viz obrázek 14.7.7-1):

- když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} \geq 761,6 \text{ N/mm}^{-2}$:

$$N_{\text{alw}} = \left[\frac{11\,309,4}{\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} - 288,2} \right]^{3,25} \quad (14.7.7-4)$$

kde σ_{eq} je vyjádřeno v N/mm^{-2}

- když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} < 761,6 \text{ N/mm}^{-2}$

$$N_{\text{alw}} = \left[\frac{28\,571,9}{\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} - 230,6} \right]^{2,9} \quad (14.7.7-5)$$

kde σ_{eq} je vyjádřeno v N/mm^{-2} .

- když $\frac{E_0}{E_b} \sigma_{\text{eq}} \leq 230,6 \text{ N/mm}^{-2}$ musí být použito $N_{\text{alw}} = 10^6$ cyklů.

Křivka a vzorec platí pouze pro:

$$10^2 \leq N_{\text{alw}} \leq 10^6$$

14.7.7.3.3 Feritická ocel

Musí být použity příslušné únavové křivky 18.10 nebo 18.11.

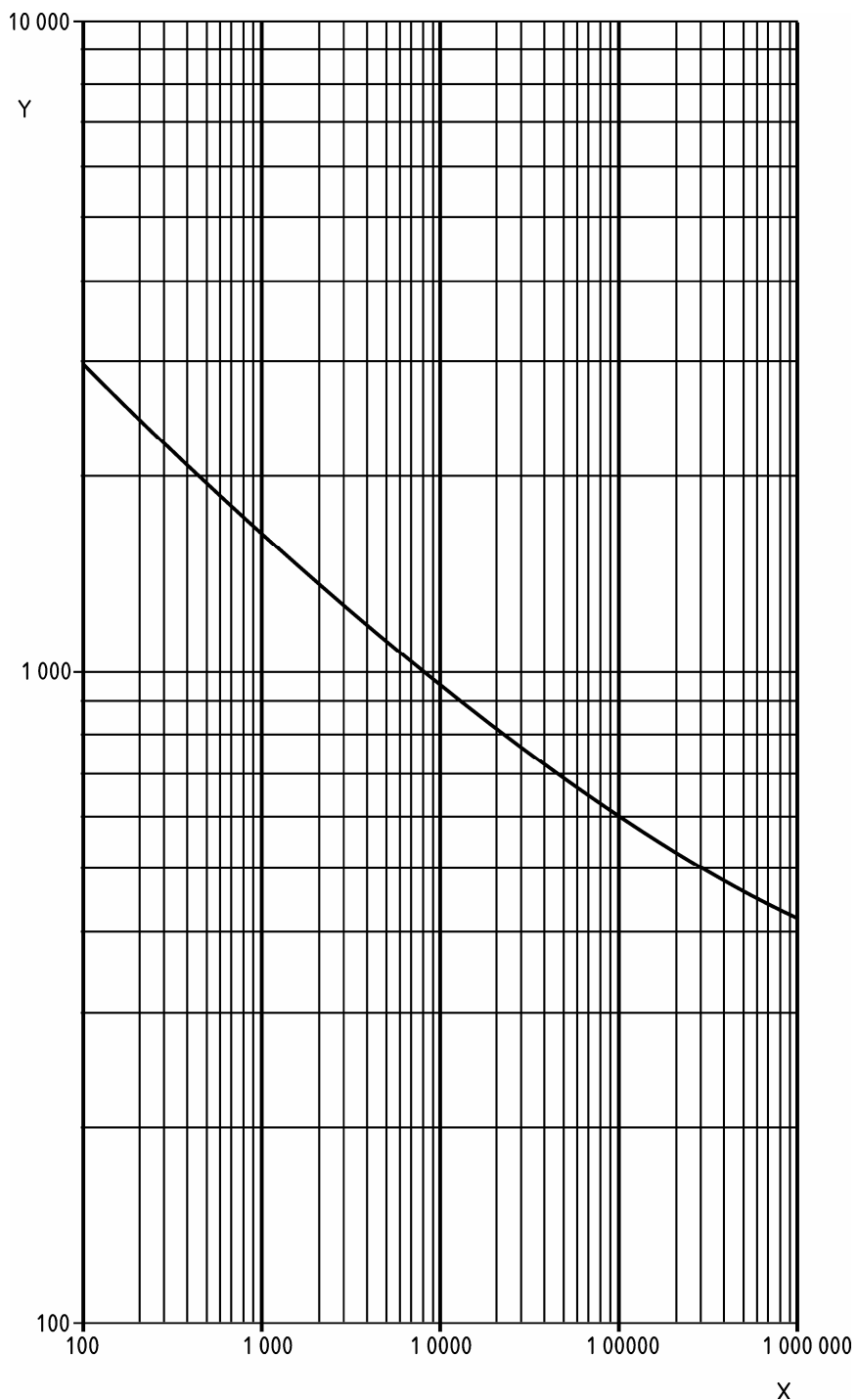
14.7.8 Axiální tuhost

Teoretická axiální tuhost vlnovců skládajících se z N vln může být vyčíslena následujícím vzorcem:

$$K_b = \left[\frac{1}{12(1-\nu_b^2)} \right] \left(\frac{n_p}{N} \right) E_b D_m \left(\frac{e_p^*}{r} \right)^3 B_3 \quad (14.7.8-1)$$

Tento vzorec platí pouze v elastickém rozsahu.

POZNÁMKA Mimo tento rozsah mohou být použity nižší hodnoty založené na zkušenostech výrobce nebo na výsledcích reprezentativních zkoušek (viz K.1).



Legenda

- X Počet cyklů N
- Y σ_{eq} v $N \cdot mm^{-2}$

Obrázek 14.7.7-1 – Únavová křivka při pokojové teplotě ($E = E_0$) pro toroidální vlnovce ve stavu po tváření

14.8 Výroba

14.8.1 Tváření vlnovců

14.8.1.1 Všeobecně

Mohou být používány různé způsoby tváření:

- Vlnovce vyznačené na obrázku 14.1-1 musí být vyráběny tvářením za studena (např. hydraulickým nebo podobným způsobem nebo válcováním)
- Vlnovce vyznačené na obrázku 14.5.8-2 (poloviční vlny) musí být vyráběny válcováním v ohýbačkách za studena nebo za tepla nebo jiným způsobem.

Použitý způsob výroby musí zaručit hladký profil bez vrubů, rýh nebo jiných vad zvyšujících napětí a nesmí ovlivnit antikorozi odolnost vlnovců.

14.8.1.2 Omezení tvářecího procesu

Rozsah tváření daný skutečným napětím s_d podle vzorce (14.5.2-12) musí být běžně omezen skutečným napětím při porušení s_r redukováným součinitelem k_r :

$$s_r = k_r \ln(1 + A_5 / 100)$$

$$s_d \leq s_r$$

kde

A_5 je poměrná deformace zjištěná na zkušební tyči s měrnou délkou rovnou pětinasobku průměru

k_r dáno v tabulce 14.8.1-1

Tabulka 14.8.1-1 – Součinitel bezpečnosti k_r

Materiál	Tloušťka vrstvy e_p	Součinitel bezpečnosti k_r
Austenitický ^a	$e_p \leq 0,7$ $e_p > 0,7$	0,9 0,8
Feritický ^b	všechny	0,5
^a Viz kapitulu 2 ^b Materiál s $A_5 \geq 20$ % a $\frac{R_{e-t}}{R_m} \leq 0.66$		

14.8.2 Tepelné zpracování

Žihání vlnovců po tváření není požadováno, pokud jsou dodržena omezení podle 14.8.1.2.

Pokud přichází v úvahu výjimečné případy, jako jsou:

- křehký lom;
- koroze; nebo
- byla překročena omezení 14.8.1.2;

pro které je požadováno žihání, musí být provedeno v inertní atmosféře po dokončení postupu tváření.

14.8.3 Tolerance

14.8.3.1 Všeobecně

Tento článek pojednává o tolerancích, které ovlivňují hlavní charakteristiky vlnovců (jako je odolnost proti tlaku, pružnost, únava a instalování).

Rozměrové tolerance vln závisí na tolerancích použitého výchozího materiálu a na výrobních postupech. Zodpovídá za ně výrobce kompenzátoru.

14.8.3.2 Vlny tvaru U bez obvodových svarů

14.8.3.2.1 Tloušťka vrstvy e_p

Tolerance tloušťky vrstvy e_p má přímý vztah ke jmenovité tloušťce t_N materiálu použitého k výrobě vlnovců. Tolerance jmenovité tloušťky materiálu jako jsou pásy nebo plechy musí odpovídat tabulce 14.8.3.2.1-1.

Tabulka 14.8.3.2.1-1 – Tolerance tloušťky stěny t_N

EN 10258		EN 10259	
t_N	Mezní úchytky	t_N	Mezní úchytky
= 0,4	(F) Redukované	= 0,5	(S) Zvláštní
> 0,4	Normální	> 0,5	Normální

14.8.3.2.2 Výška vlny w

Tolerance výšky vlny w nesmí být větší než ± 5 % pro e_p do 0,5 mm včetně a ± 8 % pro e_p větší než 0,5 mm.

14.8.3.3 Vlny tvaru U s obvodovými svary u vrcholu nebo paty vlny

14.8.3.3.1 Tloušťka vrstvy e_p

Tolerance jmenovité tloušťky materiálu plechu musí být v souladu s EN 10259, normální nebo nesmí být větší než ± 6 % t_N při použití jiných norem. Jestliže je tolerance větší než ± 6 % t_N , musí být ve výpočtu uvažována skutečná střední tloušťka materiálu plechu.

14.8.3.3.2 Výška vlny w

Tolerance výšky vlny w nesmí být větší než ± 8 %.

14.8.3.3.3 Koncový lem

Tolerance koncového lemu vlny vlnovce musí být v souladu s koncem připojované trubky.

14.8.3.4 Toroidální vlnovce

Budou definovány později.

14.9 Kontrola a zkoušení

14.9.1 Všeobecně

Platí následující požadavky jako doplněk k požadavkům v EN 13445-5:2002.

14.9.2 Nedestruktivní kontrola

14.9.2.1 Obvodové připojovací svary

Obvodové připojovací svary musí splňovat požadavky části 5. Přeplátované spoje musí být podrobeny magnetické práškové nebo penetrační zkoušce v souladu s požadavky EN 13445-5:2002 a 100%ní těsnostní zkoušce (viz EN 13445-5:2002, příloha D).

Obvodové připojovací svary vlnovcových kompenzátorů musí být konstruovány a zkoušeny podle zkušebních skupin 1, 2 nebo 3 (viz EN 13445-5:2002, 6.6.1.1). Zkušební skupiny zvolené pro připojovací svary smí být jiné než zkušební skupiny použité pro ostatní části nádoby.

14.9.2.2 Svary vln

14.9.2.2.1 Obvodové svary u vrcholu nebo paty vln

Tento odstavec se zabývá obvodovými svary vln u jejich vrcholu nebo paty, jak je uvedeno ve 14.5.9.

Obvodové svarové spoje vln musí být podrobeny 100%ní nedestruktivní kontrole v souladu s požadavky EN 13445-5:2002.

14.9.2.2 Podélné svary

Tento článek platí pro vlnovce vyráběné z válců, které jsou tvarovány po svaření na tupo.

Tyto podélné tupé svary musí být podrobeny:

- 100%ní vizuální kontrole před tvarováním vln;
- nedestruktivní kontrole v souladu s tabulkou 14.9.2-1 po vytvarování vln.

U sériově vyráběných vlnovců musí být nedestruktivní kontrole podrobena nejméně 10 % vlnovců, nejméně však jeden. Vzorky musí být odebírány průběžně během výroby.

Tabulka 14.9.2-1 – Nedestruktivní kontrola podélných tupých svarů vlnovce bez obvodových svarů

DN	e_p mm	Způsob tváření vlnovce			
		Hydraulické nebo elastomerní tváření a podobně		Válcování	
		Jednovrstvé	Vícevrstvé	Jednovrstvé	Vícevrstvé
≤ 300	≤ 1,5	–	–	PT ^a vně	PT ^a těsnicí vrstva
	> 1,5	PT ^a vně	–	PT ^a vně	PT ^a těsnicí vrstva
> 300	≤ $e_{p, max}$	–	–	PT ^a vně	PT ^a těsnicí vrstva
	> $e_{p, max}$	PT vně	PT ^a těsnicí vrstva	PT vně	PT ^a těsnicí vrstva

$e_{p, max} = \min \left[\left(0,087 \sqrt{D_i} \right), (4 \text{ mm}) \right]$ PT = penetrační zkouška

^a Zkouška musí být provedena na podélných svarech u vnějšího povrchu a u vnitřního povrchu vlny v maximálně fyzicky dostupném rozsahu.

14.9.2.3 Radiografická kontrola

Když je prováděna radiografická kontrola, platí požadavky EN 13445-5:2002, 6.6.3.2 s následujícími modifikacemi v tabulce 6.6.4-1 z EN 13445-5:2002:

- pórovitost a póry:
 - maximální průměr póru: $0,4 e_p$;
 - maximální počet pórů: 5 na 100 mm.
- protáhlý pór: nepřípustné;
- vměstky: nepřípustné;
- studené spoje a neprůvary: nepřípustné;
- maximální zápal pro krátké vady: $0,1 e_p$; požaduje se hladký přechod;
- vruby v kořeni pro krátké vady: $0,1 e_p$; požaduje se hladký přechod.

14.9.3 Tlaková zkouška

Vlnovcové kompenzátory musí být zkoušeny v souladu s EN 13445-5:2002, 10.2.3.

Konstruktér však musí vzít v úvahu možnost nestability vlnovce způsobenou vnitřním tlakem, jestliže zkušební tlak přesáhne hodnotu:

$$P_{t,s} = 1,5 \text{Max} \left[(P_{s,c}), (P_{s,i}) \right] \quad (14.9.3-1)$$

kde $P_{s,c}$ a $P_{s,i}$ musí být vypočteny při pokojové teplotě.

V tomto případě musí konstruktér buď:

- a) specifikovat speciální opatření, která budou v průběhu zkoušky provedena, nebo
- b) změnit konstrukci vlnovce pro splnění zkušebních podmínek.

POZNÁMKA Pro vyztužené a toroidální vlnovce se ve vzorci (14.9.3-1) použije $P_{s,i} = 0$.

14.9.4 Zkouška těsnosti

Pro provádění zkoušky těsnosti platí EN 13445-5:2002, příloha D.

U p o z o r n ě n í : Změny a doplňky, jakož i zprávy o nově vydaných normách, jsou uveřejňovány ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN EN 13445-3 OPRAVA 3

Vydal: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha

Vytiskl: XEROX CR, s.r.o.

Rok vydání 2006, 28 stran

Distribuce: Český normalizační institut, Hornoměřcholupská 40, 102 04 Praha 10

76128 Cenová skupina 412

