

**Netopené tlakové nádoby –
Část 6: Požadavky pro navrhování a výrobu
tlakových nádob a tlakových částí z litiny
s kuličkovým grafitem**

**ČSN
EN 13445-6
OPRAVA 1
69 5245**

idt EN 13445-6:2002/Cor.10:2004-05

Corrigendum

Tato oprava ČSN EN 13445-6:2003 přejímá modifikaci evropské normy EN 13445-6:2002 vydávanou v souladu s Resolucí BT C57/2002 pod následujícím označením změnových stran v jejich záhlaví: "issue 10(2004-05)".

This Corrigendum to ČSN EN 13445-6:2003 implements modifications issued in line with resolution BT C57/2002 which are identified with following references in the header of pages: "issue 10 (2004-05)."

Národní předmluva

Přejímané modifikace EN 13445-6, jsou v textu vyznačeny víslohou čarou

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

ČSN EN 13445-6:2003 (69 5245) Netopené tlakové nádoby – Konstrukce a výpočet z června 2003 se opravuje takto:

Obsah se doplňuje o přílohu D a mění se příloha ZA

Příloha D (normativní) Hodnocení únavové životnosti

Příloha ZA (informativní) Vztah mezi touto evropskou normou a základními požadavky Směrnice 97/23/EC

Předmluva se doplňuje následovně:

Předmluva

Tento dokument (EN 13445-6:2002 a EN 13445.6:2002/A1:2004) byl vypracován technickou komisí CEN/TC 54 „Netopené tlakové nádoby“, jejíž sekretariát zajišťuje BSI.

Evropské normě EN 13445-6:2002 je nutno nejpozději do listopadu 2002 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 listopadu 2002. Změně EN 13445-6:2002/A1:2004 je nutno nejpozději do října 2004 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 října 2004.

Tento dokument byl vypracován na základě mandátu uděleného CEN Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu a podporuje základní požadavky evropských směrnic.

Vztah této normy k Evropské Směrnici je v příloze ZA, která je nedílnou součástí této normy.

V této normě přílohy A a D jsou normativní a přílohy B a C 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 tlakových 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, Estonska, Dánska, Finska, Francie, Irsko, Island, Itálie, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Kypr, Maďarsko, Malta, Německo, Nizozemsko, Norsko, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Spojeného království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko.

Doplní se příloha D:

Příloha D (normativní)

Posuzování únavové životnosti

D.1 Záměr

D.1.1 Tato příloha uvádí pravidla pro zjednodušené a podrobné posuzování únavové životnosti tlakového zařízení vzhledem ke změnám tlaku, přídavným napětím od prudkých změn teploty v provozních podmínkách nebo přídavným napětím indukovaným následkem působení vnějších sil v kritických zónách (definice kritických zón viz 3.1.1). Konstrukce a výroba tlakového zařízení musí být v souladu s částí 6 a materiál litiny s kuličkovým grafitem podle tabulky 5.1-1 a tabulky 5.1-2.

D.1.2 Pravidla pro zjednodušené posuzování smí být používána pouze v případě změn vnitřního tlaku. Jiná cyklická zatížení, např. od změny teploty během provozu nebo od změny vnějších zatížení, musí být hodnocena podle pravidel pro podrobné posuzování.

POZNÁMKA Pravidla pro zjednodušené posuzování jsou založena na konzervativních předpokladech. Přesnější méně konzervativní výsledky mohou být získány podle pravidel pro podrobné posuzování.

D.1.3 Předpokládá se, že nádoba byla konstruována v souladu se všemi požadavky EN 13445-6. Tato příloha D o posuzování únavové životnosti musí být používána pouze tehdy, když provozní podmínky vyžadují více než 200 000 plných tlakových cyklů nebo ekvivalentní počet cyklů s menší amplitudou (viz kapitolu 4) nebo když je tlakové zařízení uvažováno přednostně jako zatěžováno necyklicky.

D.1.4 Únavové trhliny se mohou rozšiřovat z povrchových vad na straně opačné ke změnám tlaku, přípustná kritéria pro tyto vady jsou uvedeny v 7.1. Kritérium, které má být použito jako spadající pod cyklické zatěžování, je povrchová únavová trhlinka, která může být viditelná optickými pomůckami nebo vhodnou nedestruktivní metodou.

D.2 Specifické definice

Viz EN 13445-3 a kapitolu 3.

D.3 Specifické značky a zkratky

Následující značky a zkratky jsou jako dodatek k těm, které jsou uvedeny v 3.3 a v EN 13445-3:2002, kapitola 4, 17.3 a 18.3.

C_C koeficient ve vzorci výpočtové únavové křivky pro komponenty z litiny s kuličkovým grafitem;

m_C exponent ve vzorci výpočtové únavové křivky pro komponenty z litiny s kuličkovým grafitem.

D.4 Omezení

D.4.1 Tato pravidla platí pro komponenty navržené:

- a) podle vzorců;
- b) analýzou konečných prvků.

D.4.2 Tato pravidla platí pouze pro komponenty pracující mimo rozsah oblasti tečení (creepu) (tj. když je dovolené namáhání nezávislé na čase).

D.4.3 Údaje, na kterých jsou založena tato pravidla, jsou platné pro nekorozivní prostředí. Předpokládá se, že v případě korozivních stavů je nutno učinit opatření, tj. přídavek na korozi nebo ochranu povrchu.

D.5 Všeobecně

D.5.1 ΔP se získá buď použitím metody zjednodušeného sčítání cyklů popsané v EN 13445-3:2002, 18.9.2 nebo metodou rezervového sčítání cyklů podle EN 13445-3:2002, 18.9.3.

D.5.2 Výpočty podle D.6 musí být prováděny pro různé komponenty nádoby. Stanovení napětí v odlitcích je založeno na analýze napětí částí s vruby. Nejnižší životnost získaná pro každou z komponent je únavovou životností nádoby.

D.6 Stanovení dovoleného počtu tlakových cyklů

D.6.1 Pseudoelastický rozkmit napětí $\Delta\sigma$

D.6.1.1 Výpočet zjednodušenou metodou

$$\Delta\sigma_{\text{simple}} = \frac{\Delta P}{P_{\text{max}}} \cdot \eta \cdot f \quad (\text{D.6.1.1})$$

Pro zjednodušení může být použit buď nejvyšší dovolený tlak PS celé nádoby místo tlaku komponenty (P_{max}) nebo výpočtový tlak P .

POZNÁMKA 1 Toto zjednodušení vede ke konzervativnějším výsledkům.

POZNÁMKA 2 Poněvadž f ve vzorci (D.6.1-1) je bráno při výpočtové teplotě, poměr P_{max}/f je nezávislý na teplotě.

POZNÁMKA 3 P_{max} může být vypočten v souladu s EN 13445-3. Když není možný výpočet podle vzorce pro hlavní tlakovou část, může být použita hodnota získaná experimentálně podle této normy.

Pro každý detail se hodnota η (součinitel koncentrace napětí) získá z EN 13445-3:2002, tabulka 17-1, ale ve vzorci pro stanovení hodnoty η musí být vzat součinitel hodnoty svarového spoje jako 1. Hodnoty $\eta > 3$ se neberou v úvahu; tyto se neprojevují v odlitcích vyráběných podle části 6.

Pro detaily, které nejsou popsány v EN 13445-3:2002 tabulka 17-1, musí být použita hodnota $\eta = 3$, s výjimkou případu, jestliže může být nižší hodnota odůvodněna (tj. modelem konečných prvků atd., normální hodnota bývá 2-2,4).

POZNÁMKA 4 Výše uvedený poměr je napsán pro jednoduchý případ jednoosého stavu napjatosti pro porozumění principu.

D.6.2 Korekce na rozkmit napětí

D.6.2.1 Tloušťka

$$f_e = F_e^{(0,1 \ln N - 0,465)} \quad (\text{D.6.2.1})$$

kde

$$F_e = \left(\frac{25}{e_{\text{max}}} \right)^{0,182} \quad (\text{D.6.2.2})$$

Pro $e_{\text{max}} \leq 25$ mm, $f_e = 1$

Pro $e_{\text{max}} > 150$ mm, platí hodnota f_e pro $e_{\text{max}} = 150$ mm.

D.6.2.2 Teplota

Pro provozní teploty nad 100 °C je f_{t^*} dáno vzorcem:

$$f_{t^*} = 1,03 - 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot t^* - 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot t^{*2} \quad (\text{D.6.2.3})$$

kde

$$t^* = 0,75 \cdot t_{\text{max}} + 0,25 \cdot t_{\text{min}} \quad (\text{D.6.2.4})$$

D.6.2.3 Korekční součinitel na úpravu povrchu

Na úpravu povrchu není nutná žádná korekce. Tento součinitel je uvažován při konstrukci únavových křivek. To znamená, že stav povrchu splňuje požadavky 7.1. Avšak konečná úprava povrchu přiměřená příslušnému formovacímu postupu je prospěšná pro udržení nízkých lokálních napětí na straně opačné k působení změn tlaku.

D.6.2.4 Střední napětí

Korekční součinitel středního napětí f_m se stanoví jako funkce součinitele citlivosti středního napětí M z EN 13445-3:2002, rovnice (18.11-5) nebo (18.11-6),

kde pro litinu s kuličkovým grafitem je:

$$M = 0,00035 \cdot R_m + 0,08 \quad (\text{D.6.2.5})$$

D.6.2.5 Vliv vrubu

Proto únavové křivky $\Delta\sigma_{R, \text{simple}} = f(N)$ a $\Delta\sigma_{R, \text{struc}} = f(N)$ podle obrázku D.1 jsou založeny na maximálním působení vrubu, může být součinitel koncentrace napětí K_t a K_{eff} zanedbán.

Pro analýzu vrubového napětí viz D.6.1.1.

D.6.2.6 Součinitel korekce plasticity

Korekční součinitele pro mechanická (k_e) a tepelná (k_v) zatížení v hyperplastickém rozsahu mohou být zanedbány jako důsledek vysokých součinitelů bezpečnosti použitých pro výpočet dovoleného namáhání v EN 13445-6 pro litinu s kuličkovým grafitem.

D.6.3 Fiktivní rozkmit napětí

Fiktivní rozkmit napětí $\Delta\sigma^*_{\text{simple}}$, $\Delta\sigma^*_{\text{eq, struc}}$ a $\Delta\sigma^*_{\text{eq, notch}}$ musí být vypočteny (se zanedbáním požadovaných indexů pro ujasnění) následovně:

$$\Delta\sigma^* = \frac{\Delta\sigma}{f_u} \quad (\text{D.6.3.1})$$

když celkový korekční součinitel f_u je:

a) pro zjednodušené zhodnocení:

$$f_u = \frac{f_e \cdot f_{t^*}}{K_f} \quad (\text{D.6.3.2})$$

b) pro analýzu konstrukčního napětí:

$$f_u = \frac{f_e \cdot f_{t^*} \cdot f_m}{K_f} \quad (\text{D.6.3.3})$$

c) pro podrobnou analýzu napětí:

$$f_u = \frac{f_e \cdot f_{t^*} \cdot f_s \cdot f_m}{K_f} \quad (\text{D.6.3.4})$$

Jestliže napětí jsou stanovena použitím analýzy metodou konečných prvků může být K_f zanedbán.

Jestliže napětí nejsou stanovena s použitím analýzy metodou konečných prvků, použijí se hodnoty K_f uvedené v EN 13445-3:2002, rovnice (17.6-6), kde $\Delta\sigma_R = \Delta\sigma_D$.

D.6.4 Únavové křivky

Únavové křivky uvedené v obrázku D.1 jsou popsány následujícím vzorcem:

$$\Delta\sigma_R = \frac{C_Q}{0,9} \cdot \frac{C_C}{N^{1/m_C}} \quad (\text{D.6.4.1})$$

Kde $\Delta\sigma_R$ je $\Delta\sigma_{R, \text{simple}}$, $\Delta\sigma_{R, \text{struc}}$ nebo $\Delta\sigma_{R, \text{notch}}$.

C_C a m_C jsou konstanty, jejichž hodnoty jsou uvedeny v tabulce D.1.

Tabulka D.1 – Součinitele únavových křivek pro značky litiny s kuličkovým grafitem

Únavová analýza	Konstanty $\Delta\sigma_R$ – křivka N^a				Rozkmit napětí při N cyklech $N \cdot \text{mm}^{-2}$			
	$10^3 < N < 2 \cdot 10^6$		$2 \cdot 10^6 < N < 10^8$		$C_Q = 0,9$		$C_Q = 0,8$	
	$1/m_C$	C_C	$1/m_C$	C_C	$2 \cdot 10^6$	10^8	$2 \cdot 10^6$	10^8
EN-GJS-400-18	0,116	786	0,1	623	146	99	130	88
EN-GJS-350-22	0,108	731	0,093	579	135	92	121	81

^a Pro $E = 165\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

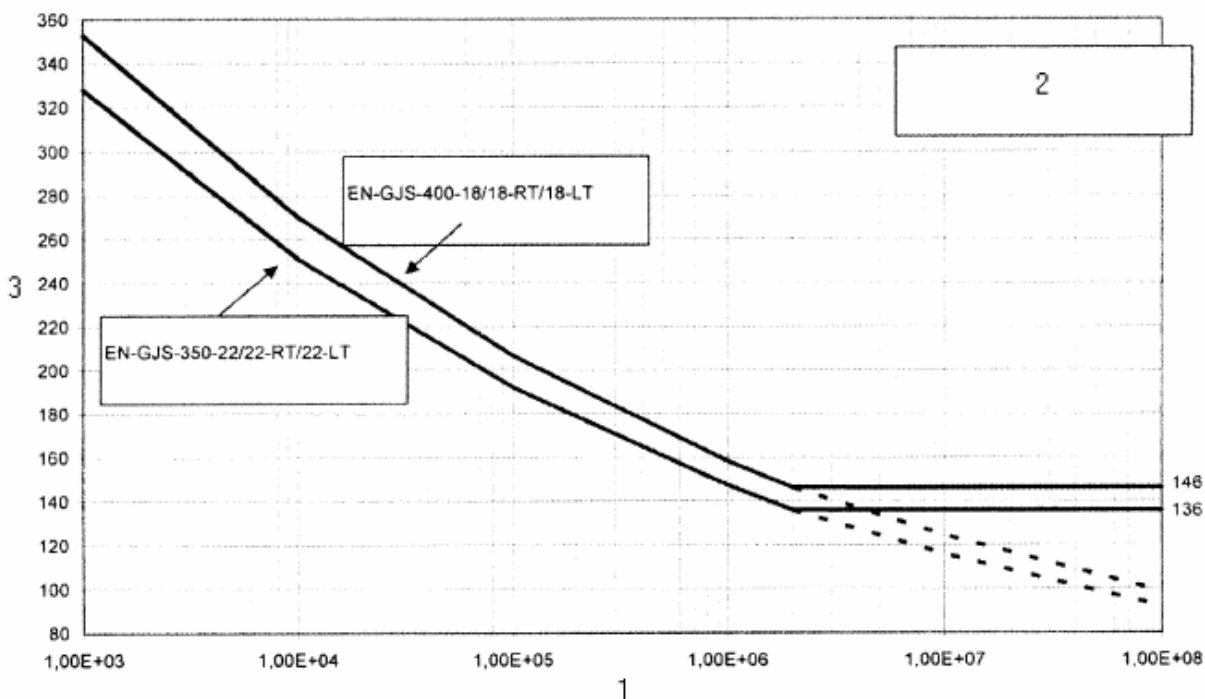
POZNÁMKA Únavové křivky byly odvozeny z údajů (viz odkaz [1]) získaných ze zkušebních tyčí s vrubem nebo bez vrubu, odebraných z litiny s kuličkovým grafitem značky EN-GJS-400-18 pro axiální a ohybové únavové zkoušky, zkoušené při kontrole zatížení nebo při aplikovaném deformačním napětí (nizkocyklová únava) při kontrole deformace. Dovolená namáhání byla odvozena z průměrných výsledků se součinitelem bezpečnosti 5 pro únavovou životnost a 1,3 pro rozkmit napětí. Tyto únavové křivky platí pro pravděpodobnost zbytku $P_s \geq 97,7 \%$.

Konstantní amplitudě zatížení limit únavy $\Delta\sigma_D$ (tj. rozkmit napětí, pod kterým může být životnost považována za nekonečnou) odpovídá rozkmitu napětí při $2 \cdot 10^6$ cyklech.

Tečkovaná čára v obrázku D.1 platí pouze pro výpočty kumulativního poškození (vzorec D.6.7-1) při proměnné amplitudě zatížení zahrnující rozkmit napětí větší než $\Delta\sigma_D$. To je případ, kdy jsou uvažována dodatečná mechanická zatížení.

Křivky končí při $N = 10^6$ cyklů. Odpovídajícím rozkmitem napětí je přerušení meze $\Delta\sigma_{Cut}$. Pro příslušné hodnoty $\Delta\sigma_{Cut}$ pro EN-GJS-400-18RT/LT nebo EN-GJS-350-22RT/LT viz tabulku D.1.

Pro fiktivní rozkmit napětí pod mezí $\Delta\sigma_{Cut}$ se nepředpokládá žádné únavové poškození tlakového zařízení.



Legenda

- 1 Únavová životnost, N cyklů
- 2 Zkušební součinitel $C_Q = 0,9$
- 3 Rozkmit napětí $\Delta\sigma_R$, $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Obrázek D.1 – Únavové křivky pro litinu s kuličkovým grafitem značek EN-GJS-400-18RT/LT a EN-GJS-350-22RT/LT při teplotě okolí

D.6.5 Dovolенý počet cyklů

Pro získání dovoleného počtu cyklů zatížení N při specifikovaném rozkmitu napětí $\Delta\sigma^*$, musí být vypočten následující vzorec:

$$N = \left(\frac{C_Q}{0,9} \cdot \frac{C}{\Delta\sigma^*} \right)^m \quad (\text{D.6.5.1})$$

kde $\Delta\sigma^*$ je $\Delta\sigma^*_{\text{simple}}$, $\Delta\sigma^*_{\text{eq, struc}}$ nebo $\Delta\sigma^*_{\text{eq, notch}}$.

D.6.6 Dovolенý rozkmit napětí

Alternativně pro získání dovoleného rozkmitu napětí při stanoveném počtu působících cyklů zatížení N :

$$\Delta\sigma_{\text{simple}}, \Delta\sigma_{\text{struc}} \text{ nebo } \Delta\sigma_{\text{notch}} \leq \Delta\sigma_R \cdot f_u \quad (\text{D.6.6.1})$$

f_u musí být vypočteno podle vzorců (D.6.3-2), (D.6.3-3) nebo (D.6.3-4).

D.6.7 Předpis pro hodnocení celkového únavového poškození

D.6.7.1 Index celkového únavového poškození způsobený kumulativním efektem cyklů, které tvoří výpočtové spektrum rozkmitů napětí se počítá následovně

$$D = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots = \sum_i^k \frac{n_i}{N_i} \quad (\text{D.6.7.1})$$

kde n_i jsou počty cyklů každého rozkmitu napětí $(\Delta\sigma^*)_i$ aplikovaných během životnosti nádoby a N_i jsou dovolené počty cyklů odpovídající rozkmitům $(\Delta\sigma^*)_i$ získané podle D.6.5 z příslušné únavové křivky.

D.6.7.2 Konstrukce je přijatelná, je-li splněna následující podmínka:

$$D \leq 1 \quad (\text{D.6.7.2})$$

To znamená, že pro spolehlivost konstrukce byl splněn požadovaný dovolený počet cyklů.

Je-li $D > 1$, podmínka není splněna a konstrukce musí být upravena.

POZNÁMKA Minimální poloměr 1,5násobek minimální tloušťky přilehlé stěny sám o sobě nemůže zaručit ve všech případech součinitele koncentrace napětí $scf \leq 3$. Když není možno vyloučit náhlé rozdíly tlouštěk, měl by být použit úkos 1:3, jak je ukázáno v 5.2.4.

D.6.8 Opravy povrchových vad

V případě nepřijatelných povrchových vad, které nesplňují požadavky 7.1, smí být náprava provedena pouze broušením. Musí být vypočtena minimální skutečná požadovaná tloušťka skořepiny s respektováním všech kapitol části 6, týkajících se konstrukčních požadavků. Svařování není dovoleno, jak bylo stanoveno v 5.3.2.

Text v příloze ZA se ruší a nahrazuje se následujícím zněním:

Příloha ZA (informativní)

Vztah mezi touto evropskou normou a základními požadavky Směrnice EU 97/23/EC

Tato evropská norma byla zpracována na základě mandátu uděleného CEN Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu a podporuje základní požadavky Evropské Směrnice 97/23/EC.

Jakmile je tato norma uvedena v Official Journal of the European Communities v souladu se Směrnicí a byla realizována jako národní norma alespoň v jednom členském státu, dodržení článků této normy uvedených v tabulce ZA, poskytuje prostředky k přizpůsobení se specifickým podstatným požadavkům Směrnice, vztahující se k předpisům EFTA.

Tabulka ZA.1 – Porovnání mezi EN 13445-6 a Směrnicí pro tlaková zařízení 97/23/EC

Články této evropské normy	Obsah	Základní požadavky v příloze I ke Směrnicí 97/23/EC
4.1, 4.2, 5.2	Výpočtová metoda	2.2.3
5.2.3	Experimentální metoda návrhu	2.2.4
5.3, 6, 7.1	Výrobní postupy	3.1
9.1	Identifikovatelnost	3.1.5
7.2	Konečná přejímka	3.2
7.1	Zkoušení	3.2.1
7.2.2	Tlaková zkouška	3.2.2
9	Značení	3.3
5.1, Příloha A	Materiály tlakových částí	4.1
5.2.3, Příloha A	Dovolené namáhání	7.1
5.1, Příloha A	Materiálové charakteristiky	7.5
Příloha D	Výpočtová metoda	2.2.3

UPOZORNĚNÍ: Na výrobek (výrobky), který je předmětem této normy, se mohou vztahovat další požadavky a další směrnice EU.

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 13445-6 OPRAVA 1

Vydal: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha
Vytiskl: XEROX CR, s.r.o.
Rok vydání 2005, 8 stran
Distribuce: Český normalizační institut, Hornoměřolupská 40, 102 04 Praha 10

72244 Cenová skupina 408

