

محاسبات تنش در پایینگ

(ترجمه از ویرایش هفتم مرجع آلمانی)

مؤلف : Walter Wagner

مترجم : مهندس سید رامین کابلی

کاروان حله | با همکاری نشر طراح |

سرشناسه	Wagner, Walter واگنر، والتر :
عنوان و نام پدیدآور	محاسبات تنش در پایپینگ / مولف [والتر واگنر] مترجم رامین کابلی.
مشخصات نشر	تهران: کاروان حله : طراح، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	۲۳۸ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-5484-03-8 :
وضعیت فهرست نویسی	فیا :
یادداشت	عنوان اصلی : Festigkeitsberechnungen im Apparate und Rohrleitungsbau.
موضوع	لوله کشی -- طرح و ساختمان طراحی مهندسی
شناسه افزوده	کابلی، رامین. - ۱۳۵۱، مترجم
رده بندی کنگره	۱۳۸۸ م ۳/و ۲/۷۹۳۰ TJ
رده بندی دیویی	۶۲۱/۸۶۷۲ :
شماره کتابشناسی ملی	۱۷۰۳۹۲۲ :

کپی و تکثیر کتب نشر طراح در هر نوع ممکن ممنوع است. استفاده و درج قسمتهایی از کتاب در کتب، سررسیدها، کاتالوگهای تبلیغاتی و ... فقط با مجوز کتبی انتشارات امکانپذیر است.

هرگونه تخلف، پیگرد قانونی دارد. 

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۸۴-۰۳-۸
ISBN 978-600-5484-03-8

کاروان حله

- نام کتاب : محاسبات تنش در پایپینگ
- مؤلف : Walter Wagner
- مترجم : مهندس سید رامین کابلی
- ناشر : کاروان حله (با همکاری نشر طراح)
- صفحه آرا : راحله ولیزاده
- تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
- نوبت چاپ : اول، بهار ۱۳۸۸
- قیمت : ۶۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای نشر کاروان حله محفوظ است.

نشرطراح - رویه روی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - طبقه دوم - واحد ۵۰۶

(۶۶۴۶ ۷۹۹۹) ۰۶۶۹۵ ۳۶۲۶ و ۰۹۱۲ ۱۱۲ ۱۱۲۳ (ف)

فصل ۱	مقدمه (۱)
-------	-----------------

فصل ۲	تحلیل کلی عکس‌العمل‌های مکانیکی (۳-۵)
-------	---

۲	۱-۲ تحلیل تنش
۲	۱-۱-۲ تنش‌های اولیه
۲	۲-۱-۲ تنش‌های ثانویه
۲	۲-۱-۲ حداکثر تنشها
۴	۴-۱-۲ تنش قیاسی
۴	۲-۲ تحلیل خستگی و شکست ترد
۴	۳-۲ روش‌های محاسباتی خاص
۴	۱-۳-۲ روش تقسیم به زیر سازه SKM
۴	۲-۳-۲ روش‌های اختلاف محدود (FDM) و اجزا محدود (FEM)

فصل ۳	محاسبات استحکامی (۷-۱۳۷)
-------	--------------------------------

۷	۱-۳ فشار سیال
۷	۱-۱-۳ فشار حاصل از نیروی وزن
۷	۲-۱-۳ نیروی فشاری در برابر یک دیواره منحنی
۸	۲-۲ محاسبه لوله‌ها (استوانه‌ها)
۸	۱-۲-۳ تنش حاصل از فشار داخلی
۹	۲-۲-۳ تنش قیاسی
۱۰	۳-۲-۳ تنش قیاسی متوسط در استوانه
۱۲	۴-۲-۳ ضخامت محاسباتی دیواره
۱۷	۵-۲-۳ اندازه‌های محاسباتی
۲۲	۶-۲-۳ فشار آزمایش یک لوله (استوانه)
۲۷	۳-۳ محاسبه انشعابات
۲۷	۱-۳-۳ روش قیاس سطوح کلی
۲۷	۲-۳-۳ تعیین طولهای حمال
۳۰	۳-۳-۳ سطوح تحت فشار و سطوح حمال
۳۰	۴-۳-۳ ضریب تضعیف

۳۱	۵-۳-۲ خط انتقال با انشعاب مایل
۳۱	۶-۳-۲ خط انتقال با چندین انشعاب یا برش در جهت طولی
۳۴	۷-۳-۲ خطوط انتقال با مقاطع یا انشعابات تحت زاویه نسبت به جهت طولی
۳۷	۸-۳-۲ انشعابات به همراه تقویتی
۳۹	۴-۳ محاسبه زانویی لوله
۴۱	۵-۳ محاسبه زانویی تکه تکه
۴۲	۶-۳ محاسبه افزایش دهنده مقطع لوله
۴۴	۷-۳ محاسبه ته بند لوله یا استوانه
۴۴	۱-۷-۲ ته بند محدب
۴۶	۲-۷-۲ انتهای مسطح (ته بند تخت)
۴۶	۸-۳ محاسبه گاهنده‌های مخروطی
۴۶	۱-۸-۲ لوله مخروطی با زاویه مخروطی کوچکتر از 70°
۵۰	۲-۸-۲ لوله مخروطی با زاویه مخروطی بزرگتر از 70°
۵۰	۳-۸-۲ لبه مخروطی (برآمدگی)
۵۵	۹-۳ قطعه تحت فشار خارجی
۵۵	۱-۹-۲ فرورفتگی لوله
۵۸	۱۰-۳ بارگذاری با فشار داخلی متغییر
۵۹	۱۱-۳ ضربه قوچ
۶۸	۱۲-۲ تنشهای اضافه اصلی
۶۸	۱۳-۲ تنشهای اضافه ثانویه
۶۸	۱-۱۲-۲ قضاوت در باره تنش اضافه ثانویه
۶۹	۱۴-۲ تنشهای حرارتی
۷۰	۱-۱۴-۲ تنشهای حرارتی پایدار
۷۲	۲-۱۴-۲ تنشهای حرارتی ناپایدار
۷۴	۳-۱۴-۲ تحلیل خستگی (شکست تنش حرارتی)
۷۶	۱۵-۳ اتصالات فلانچی
۷۷	۱-۱۵-۲ نیروی خارجی
۷۷	۲-۱۵-۲ نیروی آب‌بندی
۸۷	۳-۱۵-۲ نیروی پیچ
۸۸	۴-۱۵-۲ مقاومت فلانچ

فهرست VII

۹۱	۵-۱۵-۲ نسبت نیرو - تغییر شکل
۱۱۰	۶-۱۵-۲ ممان بستن پیچها
	۷-۱۵-۲ ملاحظات ویژه برای محدوده کاربری آب بندهای گرافیتی با روکش فلزی
۱۱۳	در اتصالات فلانچی خطوط لوله انتقال
۱۲۷	۱۶-۲ محاسبات استحکامی محفظه‌ها
۱۲۷	۱-۱۶-۲ بدنه کروی بدون برش
۱۲۸	۲-۱۶-۲ بدنه اصلی با مقاطع بیضوی یا چهارگوش بدون انشعاب
۱۳۱	۳-۱۶-۲ بدنه اصلی با صافی مسطح
۱۳۱	۴-۱۶-۲ درپوش بشقاب
۱۳۱	۵-۱۶-۲ بدنه محفظه با انشعاب
۱۳۳	۱۷-۲ درز انبساطی (جبران ساز نوسان و انبساط حرارتی)
۱۳۴	۱۸-۲ محاسبه قطعات از جنس مواد مصنوعی
۱۳۴	۱-۱۸-۲ لوله های ساخته شده از مواد مصنوعی
۱۳۵	۲-۱۸-۲ مخزن مکعبی از جنس مواد مصنوعی

فصل ۴

نکات مربوط به تجهیزات و مخازن تحت فشار (۱۷۵-۱۳۹)

۱۳۹	۱-۴ معادلات و نمودارهای کاربردی براساس AD2000
	۲-۴ تجهیزات
۱۶۲	۱-۲-۴ تضمین در برابر ترکیدن
۱۶۶	۲-۲-۴ شیر اطمینان
۱۷۵	۳-۲-۴ دریچه ها و درپوشها

فصل ۵

جنس (۲۴۷-۱۷۷)

۱۷۷	۱-۵ لوله و ورق
۱۷۷	۱-۱-۵ فولاد غیر آلیاژی
۱۷۸	۲-۱-۵ فولادهای مقاوم در دمای بالا
۱۷۹	۳-۱-۵ فولادهای زنگ نزن و مقاوم در برابر اسید
۱۸۰	۴-۱-۵ فولادهای مقاوم در دمای بالا
۱۸۱	۵-۱-۵ فولادهای مناسب برای دمای زیر صفر
۱۸۱	۶-۱-۵ فولاد مخازن تحت فشار
۱۸۲	۷-۱-۵ خطوط لوله طولانی

۱۸۲	۸-۱-۵ فولادهای ریزدانه
۱۸۲	۹-۱-۵ فولاد ریختگی
۱۸۲	۲-۵ فلانچ
۱۸۲	۳-۵ پیچ و مهره‌ها
۱۸۲	۱-۳-۵ جداول مواد خاص
۱۸۲	۴-۵ مواد ترموپلاست
۱۸۲	۱-۴-۵ خصوصیات مواد PE-HD (پلی اتیلن چگالی بالا)
۱۸۳	۲-۴-۵ خصوصیات PP (پلی پروپیلن) -
۱۸۴	۳-۴-۵ خصوصیات PVDF (پلی وینیلدن فلوراید)
۱۸۴	۴-۴-۵ مقاومت شیمیایی ترموپلاستیکها
۱۸۵	۵-۵ خصوصیات فیزیکی فولادها
	۱-۵-۵ بخش‌بندی سیستماتیک مواد فلزی برای تجهیزات تحت فشار و خطوط لوله
۱۸۵	صنعتی

معنی علائم مهم

علامت	معنی	واحد	ملاحظات
A	سطح	mm^2	
A_{proj}	سطح تصویر شده	mm^2	
A_o	سطح تحت تنش	mm^2	
A_p	سطح تحت فشار	mm^2	
B	ضریب		
B_i	ضریب لحاظ کردن کاهش باز در سمت خارجی انحنای لوله	-	
B_i	ضریب لحاظ کردن افزایش بار در سمت داخلی انحنای لوله	-	
B_{prof}	ضریب تامین فشار آزمایشی	-	
C	ضریب گیرش	-	
C	ثابت فنری	N/mm	
ΔD	برگشت فنری یک آب بند	mm	
E	مدول الاستیسیته	N/mm^2	
F	نیروی	N	
F_D	نیروی آب بندی	N	
F_{EP}	نیروی سطح حلقه	N	
F_R	نیروی لوله	N	
$F_{R,p}$	نیروی لوله حاصل از فشار داخلی	N	
$F_{R,z}$	نیروی لوله حاصل از کشش در خط انتقال	N	
$F_{R,M}$	نیروی لوله برای ارزیابی گشتاور خمشی در خط لوله	N	
F_s	نیروی پیچ	N	
F_z	نیروی کلی کششی	N	$F_z = F_{R,z} + F_{R,M}$
F_n	نیرو در راستای عمودی	N	
F_p	نیرو فشار داخلی	N	$F_p = F_{R,p} + F_{\text{EP}}$
ΔFl	برگشت فنری فلانچ	mm	
G	نیروی وزن	N	$G = m \cdot g$
H	ارتفاع	mm	
J	ممان دوم سطح، گشتاور دوم سطح	mm^4	
K	مشخصه استحکامی	N/mm^2	
K_{DV}	مقاومت در برابر تغییر شکل مواد آب بند	N/mm^2	
K_{De}	پایداری مواد آب بندی	N/mm^2	
L	طول	mm	
M	گشتاور، ممان	$\text{N} \cdot \text{mm}$	
R	شعاع یک برآمدگی	mm	
S	ضریب اطمینان	-	
S_L	ضریب اطمینان سیکل بار	-	
S_{bend}	ضریب اطمینان کمانش	-	
S_{prof}	ضریب اطمینان در برابر آزمایش	-	

علامت	معنی	واحد	ملاحظات
U	عدم کروی پوسته استوانه	%	$U = \frac{2 \cdot (\hat{d} - \bar{d})}{\hat{d} - \bar{d}} \cdot 100$
W	مدول مقطع	mm^3	
ΔW	اختلاف انبساط حرارتی	mm	
a	سرعت انتشار یک موج فشاری	m/s	
a_0	طول حامل قطعه اصلی	mm	
a_1	طول حامل انشعاب	mm	
a_0	ضریب بخش	m^2/s	
b	پهنا	mm	
c	اضافه ضخامت دیواره	mm	
c_1	اضافه ضخامت برای جبران انحراف تحتانی مجاز ضخامت دیواره	mm	
c'_1	انحراف مجاز تحتانی ضخامت دیواره	%	
c_2	اضافه ضخامت برای خوردگی یا سایش	mm	
c_0	ظرفیت گرمایی ویژه واقعی	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	
d	قطر	mm	
d_e	قطر خارجی	mm	
d_i	قطر داخلی	mm	
d_{i0}	قطر داخلی محفظه اصلی	mm	
d_{i1}	قطر داخلی انشعاب	mm	
d_F	قطر داخلی فلانچ	mm	
d_D	قطر متوسط یا قطر دایره تماسی آب بند	mm	
d_K	قطر کوچک روزه پیچ	mm	
d_L	قطر سوراخ عبور پیچ	mm	
d'_L	قطر محاسباتی سوراخ پیچ	mm	
d_s	قطر ساقه پیچ	mm	
d_i	قطر سوراخ	mm	
e	فاصله از مرکز نقل	mm	
f	ضریب	-	
g	شتاب نقل	m/s^2	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
h	ارتفاع	mm	
h_A	ارتفاع طوفه مخروطی	mm	
h_D	ارتفاع آب بند	mm	
h_F	ارتفاع موثر سطح فلانچ	mm	
k_0	مشخصه واشر برای پیش تغییر فرم	mm	
k_B	مشخصه واشر برای رفتارکاری	mm	
l	طول	mm	
l_s	طول ساقه پیچ	mm	
l_i	گام سری تکیه گاهی	mm	
l_L	گام طولی سری تکیه گاهی	mm	
l_M	گام محیطی سری تکیه گاهی	mm	
m	ضریب طراحی برای تقویت	-	
m	جرم	kg	
m_w	ضریب طراحی برای بار متناوب	-	
n	ضریب سیکل بار (تعداد موج فشار)، که در کار انتظار داریم	-	
n_B	تعداد سیکل بار تا شکست	-	
n_s	تعداد پیچها	-	
p	فشار محاسباتی، یعنی حداکثر فشار ممکن یک خط لوله با در نظر گرفتن تمام شرایط کاری از جمله ضربه قوچ	N/mm^2	$1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar}$

علامت	معنی	واحد	ملاحظات
Δp	تغییر فشار ناشی از ضربه قوچ	N/mm ²	
$\bar{p} - \bar{p}$	دامنه نوسانی فشار	N/mm ²	
$\dot{q}$	نرخ تولید حرارت	W/m ²	
r	شعاع انحناى خط میانی یک کمان لوله	mm	
s	ضخامت دیواره اجرایی (ضخامت دیواره سفارشی، ضخامت دیواره نامی)	mm	
s_v	ضخامت دیواره محاسباتی بدون اضافه ضخامت	mm	
s_{v0}	ضخامت دیواره محاسباتی محفظه اصلی	mm	
s_{vi}	ضخامت دیواره محاسباتی انشعاب	mm	
s_F	ضخامت ابتدای فلانچ در انتقال از ورق فلانچ	mm	
s_R	ضخامت دیواره لوله یا پوسته	mm	
t	زمان	s	
t_1	زمان رفت یک موج فشاری	s	
t_0	زمان بستن المان قطع جریان با المان کنترلی	s	
v	ضریب تضعیف	-	
v_A	ضریب تضعیف برای یک مقطع	-	
v_L	ضریب تضعیف برای یک ردیف سوراخ و الگوی سوراخ	-	
v_N	ضریب راندمان اتصال جوش طولی یا پیچی	-	($v_N = 1,0$ بدون درز)
w	سرعت جریان	m/s	
w_θ	سرعت تغییر نما	K/s	
z	ضریب اثر ضربه	K ⁻¹	
α	زاویه	-	
α_i	ضریب انتقال حرارت	W/(m ² · K)	
β	ضریب محاسباتی برای نه بند محدب	-	
β_{cr}	ضریب محاسباتی برای بار لبه	-	
β_L	ضریب انبساط طولی	K ⁻¹	
δ_g	افزایش طول در گسیختگی	%	($L_0 = 5 \cdot d$)
ε	کرنش	%	
ε_s	کرنش تا حد تسلیم	%	
ε_{pl}	کرنش پلاستیک	%	
θ	دمای محاسباتی دیواره لوله، یعنی حداکثر دمای ممکن یا ملاحظه تمام شرایط کاری ممکن	°C	
$\Delta\theta$	اختلاف دما	K	
λ	هدایت حرارتی	W/(m · K)	
ν	ضریب انقباض جانبی	-	
μ	ضریب اصطکاک	-	
ρ	چگالی	kg/m ³	
σ	تنش	N/mm ²	
σ_1	تنش در جهت طولی	N/mm ²	
σ_u	تنش در جهت محیطی	N/mm ²	
σ_r	تنش در جهت شعاعی	N/mm ²	
σ_θ	دامنه تنش	N/mm ²	
σ_{zul}	بارگذاری مجاز با بار ثابت	N/mm ²	$\bar{\sigma}_{zul} = \frac{K}{S}$
σ_{zul}	بارگذاری مجاز با بار نوسانی	N/mm ²	

علامت اختصاری	معنی	واحد	ملاحظات
R_m	استحکام کششی	N/mm ²	
R_e	حد تسلیم در 20 °C	N/mm ²	
$R_{p0.2}$	حد تسلیم کرنش 0.2% در 20 °C	N/mm ²	
$\sigma_{Sch/D}$	حد دوام	N/mm ²	
$\sigma_{Bch/n}$	استحکام خستگی برای عمر محدود	N/mm ²	
σ_y	تنش قیاسی	N/mm ²	
$R_{p1.0}$	حد تسلیم کرنش 1% در 20 °C	N/mm ²	
$R_{p0.2/l}$	حد تسلیم در دمای افزایش یافته ϕ تحت کرنش 0.2%	N/mm ²	
$R_{p1.0/l}$	حد تسلیم در دمای افزایش یافته ϕ تحت کرنش 1%	N/mm ²	
$R_{m/2 \cdot 10^5 / \phi}$	استحکام خزشی برای 200000 ساعت در دمای ϕ	N/mm ²	
$R_{m/10^6 / \phi}$	استحکام خزشی برای 100000 ساعت در دمای ϕ	N/mm ²	
$R_{p1.0/10^6 / \phi}$	استحکام در کش آمدن 1% برای 100000 ساعت در دمای ϕ	N/mm ²	
ϕ	زاویه	-	
ψ	زاویه	-	
نشانه بالایی حرف		i	داخلی
-	متوسط	l	راستای طولی
.	اندازه وابسته زمانی	el	الاستیک
$\wedge$	حد اکثر	bl	دلخواه
V	حداقل	n	راستای عمودی
~	متناوب	p	فشار
.	اندازه موثر	proj	تصویر شده
شاخص (هندکس)		prüf	تست آزمایش
K	مخروط	pl	پلاستیک
Kr	لبه، زبانه	r	راستای شعاعی
R	لوله	u	راستای محیطی
B	شکست، ته، کف	ü	فشار اضافه
D	آب بند	zul	مجاز
Fl	فلانچ	ϕ	مرتبط با دما
V	تنش قیاسی	σ	مرتبط با تنش
W	دیواره، جداره	0	مقدار اولیه، مقدار اصلی
S	پیچ	1	ورودی ابتدای، مرحله ۱
a	خارجی، بیرونی	2	خروجی، انتهای، مرحله ۲
ges	کلی	∞	بی کران، بی نهایت