

内压爆破法测定断裂强度

陆曠良

冯湘林 林哲红 徐微伦

(建工系)

(上海重型机器厂)

摘

要

内压爆破法是评定断裂强度的一种新的试验方法,它不同于传统的断裂强度试验方法,在试验前需要规定试验材料的裂纹起源,裂纹发展方向及破坏断面等。因此内压爆破法能够充分地暴露出材料的切向的抗裂本质。

内压爆破法是测定断裂强度的一种新的试验方法。试验是将试件制成薄壁圆筒形(如图1所示),用超高压油泵对薄壁圆筒试样进行一次性增压,直至试样破裂,然后根据试验所得数据进行断裂强度的安全性评定。

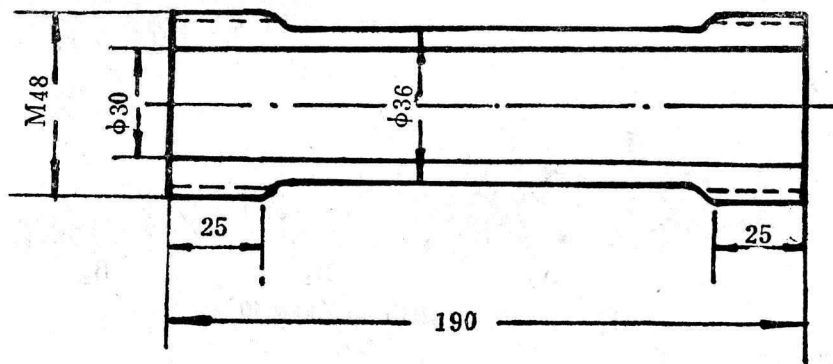


图1 试样形状和尺寸

内压爆破法的试样是一个小容器(试样形状和尺寸如图1所示),容器承受内压后各处的切向应力都相等,所以它的破断面必定沿着质量问题最严重的部位引发出裂纹扩展,直至破坏。显然,由于内压爆破法不同于传统的断裂强度的试验方法,如在试验前需要规定试验材料的裂纹起源、裂纹发展方向及破坏断面等,它就能够较好地暴露出材料切向的抗裂本质。

内压爆破法试验时将试样一端密封,然后将试样注满液压油,安装于试验架上,并与油

本文于1989年12月26日收到

泵连接 (如图2所示)超高压油泵经严格检查确认与试样之间的连接通道无误后密封试样的另一端,最后在室温下,对薄壁圆筒形试样进行一次性增压,直到试样最后破裂为止。

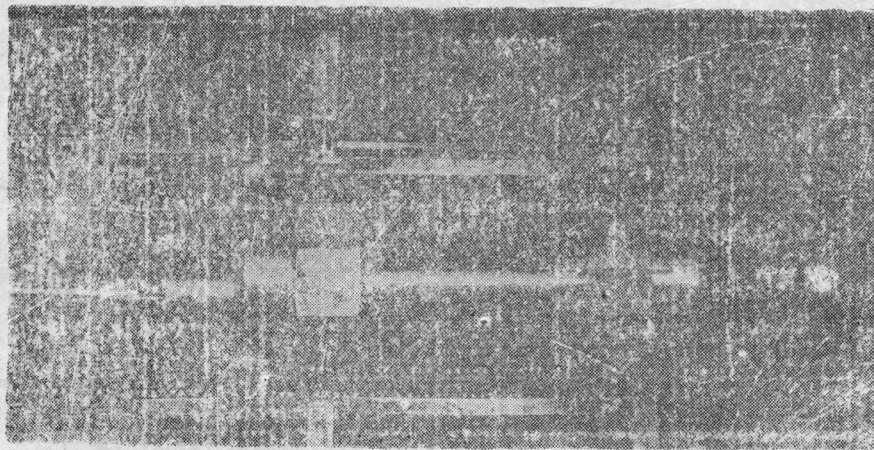


图2 内压爆破试样安装图

内压爆破试样的断口形貌如图3所示

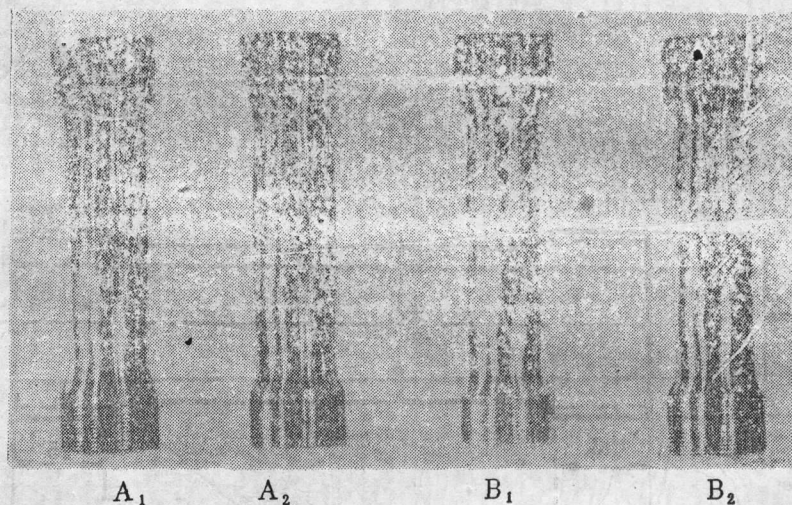


图3 内压爆破试样断口形貌

内压爆破法试样的试验结果数值列表如下,

内压爆破试验结果

试 样 号	P_b (kg/cm^2)	P_b' (kg/cm^2)	σ_{bb}/σ_b	σ_{bb} (kg/mm^2)	σ_s (kg/mm^2)	$e_b\%$
A ₁	1640	1720	0.97	82.82	71.9	4.06
A ₂	1790	1720	1.08	90.40	71.0	4.90
B ₁	1640	1705	1.00	82.82	70.3	4.98
B ₂	1690	1705	1.04	82.38	70.3	5.84

表中:

P_b ——爆破压力。试样破断时的爆破压力。

P_b' ——理论爆破压力。计算公式采用Fanpel公式

$$P_b' = \frac{2\sigma_b}{\sqrt{3}} \left(2 - \frac{\sigma_b}{\sigma_b} \right) \ln k$$

$\sigma_{\theta b}$ ——爆破时试样切向极限应力, 即试样爆裂时的临界应力。由Lame公式导出

$$\sigma_{\theta b} = \frac{\sigma_{\theta \text{ 外}} - \sigma_{\theta \text{ 内}}}{2} = \frac{P_b d}{2t} \left[\frac{1 + \frac{1}{d} + \left(\frac{t}{d}\right)^2}{1 + \frac{1}{d}} \right]$$

对于本试样: 试样内径 $d = 30\text{mm}$, 试样壁厚 $t = 3\text{mm}$

则上式可简化为:

$$\sigma_{\theta b} = 5.045 P_b$$

$\frac{\sigma_{\theta b}}{\sigma_b}$ ——强度比

e_{θ} ——极限应变变量。其计算公式如下:

$$e_{\theta} = \frac{e_{\theta} + e_{\theta \text{ 外}}}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{(d+2t)^2}{d^2} + 1 \right] e_{\theta} + \frac{1}{4} \left[\frac{(d+2t)^2}{d^2} - 1 \right] e_z$$

同样对于本试样 $d = 30\text{mm}$ $t = 3\text{mm}$ 。

则 $e_{\theta} = 1.22 e_{\theta} + 0.11 e_z$

式中 $e_{\theta} = \frac{1}{5} \left(\frac{l_1 - l_{01}}{l_{01}} + \frac{l_2 - l_{02}}{l_{02}} + \frac{l_3 - l_{03}}{l_{03}} + \frac{l_4 - l_{04}}{l_{04}} + \frac{l_5 - l_{05}}{l_{05}} \right)$

$$e_z = \frac{1}{L} (L - L_0)$$

l_0 ——将试样外圆为 $\Phi 36$ 的部分均匀地划成5等分, 并标上标记1, 2, 3, 4, 5, 用外径千分尺分别测量它们的外圆直径, 并换算成周长即为 l_0 。

1——爆破后试样上所标各点的圆周长度

L_0 ——点1和点5之间距离

L ——爆破后试样上点1和点5之间距离

由试验结果表明:

一、四个试样的 $\sigma_{\theta b}$ 值均高于材料本身的 σ_b 值, 可见破裂在屈服后发生的。当容器试样受内压破裂时, 试样呈非剪切型脆性断口, 此时 $\frac{\sigma_{\theta b}}{\sigma_b} \leq 0.95$, 故可以从 $\frac{\sigma_{\theta b}}{\sigma_b}$ 大于或接近于1作为界限线以判断材料是否发生非剪切性脆性断裂。并且通过试验所得的临界应力 $\sigma_{\theta b}$ 值, 可估算出孔附近的临界裂纹尺寸, 从而为限定内孔的缺陷大小提供实验依据。

二、又从试验可知：当 $\frac{e_{0b}}{n} = 0.5$ 时，试样呈剪切型脆性断裂（ n 为材料的应变硬化指数），缺陷越严重， $\frac{e_{0b}}{n}$ 值越小。所以 $\frac{e_{0b}}{n}$ 也是在材料固定情况下判定或比较缺陷严重程度的指标。四个试样的试验结果值 e_0 都大于4，可以初步认为当一个试样的极限变量 $e_0 \geq 3.5\%$ 时，材料就不会有发生低应力脆性断裂的可能性。

作为一种新的断裂强度评定的试验方法，它还有很多不完善的地方，尚有待于进一步的提高和完善。

参 考 资 料

- [1] 渡边十郎（日）内压破坏试验——关于转子的新的强度评价法。
- [2] 范钦珊 压力容器的应力分析与强度设计。
- [3] 邵国华主编： 化工设备设计全书·超高压容器设计 上海科技出版社·1984年。

The Method of Internal Explosion Test for Fracture Strength

Lu Jiliang

ABSTRACT

The method of internal explosion is a new test way of evaluating fracture strength. It is different from the traditional method of fracture strength. It must be given the source of crack, the direction of crack propagating and the section of crack therefore, the method of internal explosion can reflect the characteristic of tangential resisting fracture.