

Jornada sobre la Nova Directiva 2014/68/UE i el Reglament  
d'Equips a Pressió  
17 de novembre. Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya

### Coses i casos sobre els equips a pressió

- Denominació i ordenament de les diferents pressions
- Sobre la fatiga
- Sobre els materials

GREMI DE CALDERERIA

### SOBREPRESSIÓ DE LA VÀLVULA DE SEGURETAT

SOBREPRESSIÓ D'UNA VÀLVULA DE SEGURETAT:

- DEP Ann. 1, 2.11.2 / 7.3 → 10% PS

- EN ISO 4126-1:

$$\text{Sobrepessió} = \text{MAX}(10\% P_{\text{TARATGE}} ; 0,1 \text{ bar})$$

En cap cas el concepte de sobrepessió implica que es pugui tarar la vàlvula de seguretat per sobre de la Pms de la instal·lació

GREMI DE CALDERERIA

## ORDENAMENT DE LES PRESSIONS

### CONCLUSIONS:

1.  $P_{\text{treball normal}} < P_{\text{taratge VS}}$ , en cas contrari la vàlvula de seguretat interferirà en el treball normal de l'equip
2.  $P_{\text{taratge VS}} \leq P_{\text{ms}}$  (pressió max. Servei, REP)
3.  $P_{\text{ms}} (\text{REP}) \leq P_{\text{S}} (\text{DEP})$

GREMI DE CALDERERIA

## DISMINUCIÓ DE LA CATEGORIA

Raons: allargar els temps entre inspeccions periòdiques, passar a Cat Art 4.3 (abans 3.3)

REGLAMENTO DE EQUIPOS A PRESIÓN (REP)  
(R.D. 2060/2008, BOE 5-2-2009)

Criterios de aplicación

Guía REP- 02- 01 (v1)

Referencia normativa: Artículo 3.2 y apartado 1 a) de la Disposición adicional primera

**Pregunta:**

¿Cómo se clasifican los equipos de una instalación con el reglamento de equipos a presión?

En caso de que las condiciones de operación de los equipos difieran de forma importante de las de diseño del equipo, al utilizarse presiones inferiores o fluidos de menor riesgo, para clasificar el equipo con dichas condiciones, deberá certificarse su adecuación mediante el correspondiente certificado de empresa instaladora, o en caso de requerirse proyecto de instalación, de técnico titulado competente u OCA.

Fecha de aprobación: 9-2-2010

Ref: Guía 1

GREMI DE CALDERERIA

## DISMINUCIÓN DE LA CATEGORÍA

### INSTALACIONES XYZ SL

C/ Vardí, 350. LES FRANQUESES  
Tel 638609645, Fax 638609646, xyzsl@telecom.com

#### CERTIFICADO DE RECLASIFICACIÓN DE EQUIPO A PRESIÓN - GUÍA REP-02-01 (v1)

INSTALACIONES XYZ S.L. certifica:  
Que el equipo cuyas características se detallan en la tabla adjunta tiene unas condiciones de operación que difieren de forma importante y a la baja de las condiciones de diseño, por lo que de acuerdo con la guía REP-02-01 (v1), corresponde su reclasificación en el Art. 3.3 de la DEP.

|   |                               |                            |
|---|-------------------------------|----------------------------|
| TAG e identificación del equipo                     | FL435 Filtro de carbón activo |                            |
| PEI   | 3779F01                       |                            |
| Fabricante  | Depósitos y filtros SA        |                            |
| Fecha de fabricación:                               | 2013                          |                            |
| Número de fabricación:                              | 112                           |                            |
| RECINTO:  | Filtro                        |                            |
| Modo de funcionamiento:                             | Condiciones del mercado CE    | Condiciones de instalación |
| Presión máxima admisible (Presión de diseño) PS     | bar -1 / 6.4                  | -1 / 6.4                   |
| Presión máxima de servicio P <sub>ms</sub>          | bar -                         | 6.4                        |
| Presión de tarado de la válvula de seguridad Pt:    | bar -                         | -                          |
| Temperatura min / máx. de servicio:                 | °C -                          | -10 / 95                   |
| Temperaturas máximas admisibles TS:                 | °C -10 / 95                   | -10 / 95                   |
| Volumen:  | L 115                         | 115                        |
| Fluido contenido: Grupo DEP / Denominación / estado | 1 / Líquido                   | 2 / Líquido                |
| Producto PS x V y P <sub>ms</sub> x V:              | bar.L 736                     | 736                        |
| Cuadro aplicable de la DEP anexo II                 | 3                             | 4                          |
| Categoría   | Cat. I                        | <b>Art. 3.3</b>            |

Les Franqueses, a 28 de julio de 2015

Firmado

XXXXXXXXXX

Responsable Técnico de la empresa instaladora

GREMI DE CALDERERIA

## DISMINUCIÓN DE LA CATEGORÍA

- En cas de disminució de pressió, s'ha de justificar que les vàlvules de pas i especialment les de seguretat mantenen una cabal suficient.
- REP, EP1 i EP2, art 3-3.
- Generalitat, IUE-470-2009, Ann 1, 1.4.a

GREMI DE CALDERERIA

## FATIGA

DEP, Annex 1:

2.2.1, 2.2.3, 2.2.4 (disseny per càlcul i experimental)

3.4 (a les instruccions informar sobre fatiga i altres característiques del disseny)

2.2. Diseño para una resistencia adecuada

2.2.1. Los equipos a presión se diseñarán para resistir las cargas correspondientes al uso previsto, así como para otras condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles. En particular, se tendrán en cuenta los factores siguientes:

- la presión exterior y la presión interior,
- la temperatura ambiente y la temperatura de funcionamiento,
- la presión estática y la masa del contenido en condiciones de funcionamiento y de ensayo,
- las cargas debidas al tráfico, al viento y a los terremotos,
- las fuerzas y los momentos de reacción derivados de los soportes, los dispositivos de montaje, las tuberías, etc.,
- la corrosión y la erosión, la fatiga, etc.,
- la descomposición de los fluidos inestables.

GREMI DE CALDERERIA

## ESTUDIS DE LA FATIGA

Codis AD-2000 Merkblätter i EN-13445

Dos mètodes:

- simplificat: basat en fórmules
- complet: basat en anàlisi de tensions (elements finits)

GREMI DE CALDERERIA

## FATIGA: Amplitud del cicle i nombre de cicles requerit i admissible

**AMPLITUD DEL CICLE:**  $(\hat{p} - \check{p})$

Exemple: AUTOCLAU

PS = 3,5 bar

Treball habitual:  $p_{\max} = 3$  bar;  $p_{\min} = -1$  bar

Amplitud:  $(\hat{p} - \check{p}) = 3 - (-1) = 4$  bar

**NOMBRE DE CICLES REQUERIT:**

4 operacions/dia, 260 dies/any, 20 anys de vida útil

$N = 4 * 260 * 20 = 20800$  cicles

GREMI DE CALDERERIA

## FATIGA (mètode simplificat, AD-2000 S1)

**VIDA IL·LIMITADA:**  $N \geq 2.000.000$  cicles

**EXEMPCIONS:**

Si  $N \leq 1000$  ó  $(\hat{p} - \check{p}) \leq 10\% PS$

aleshores no és obligatori l'estudi de fatiga

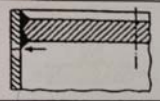
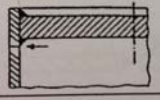
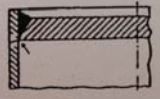
GREMI DE CALDERERIA

CÀLCUL DEL NOMBRE DE CICLES ADMISSIBLE,  $N_{zul}$ 

$$N_{zul} = \left( \frac{B}{2\sigma_a^*} \right)^m$$

$m = 3$  construcció soldada  
 $m = 3,5$  sense soldadura

B = Factor que depèn de la Classe de construcció

|     |   |  |     |            |
|-----|---|--|-----|------------|
| 5.6 |  | full-penetration welded from both sides or full-penetration welded from one side with backing weld<br>$B = 7940$ | K 1 | $\eta = 5$ |
| 5.7 |  | welded from both sides, but not fully penetrating<br>$B = 6360$  | K 2 |            |
| 5.8 |  | welded from one side<br>$B = 5040$   | K 3 |            |

GREMI DE CALDERERIA

CÀLCUL DEL NOMBRE DE CICLES ADMISSIBLE,  $N_{zul}(\text{cont})$ 

$$N_{zul} = \left( \frac{B}{2\sigma_a^*} \right)^m \quad 2\sigma_a^* = \frac{\eta}{F_d \cdot f_{T^*}} \cdot \frac{(\hat{p} - \check{p})}{p_r} \cdot \frac{K_{20}}{S}$$

$2\sigma_a^*$  = interval de tensions pseudoelàstiques

$\eta$  = factor de concentració de tensions

$F_d$  = factor que té en compte l'espessor

$f_{T^*}$  = factor que té en comte la temperatura

$K_{20}$  = límit elàstic a 20°C

$S = 1,5$  = Coeficient de seguretat

GREMI DE CALDERERIA

$\eta$  = factor de concentració de tensions

AD 2000-Merkblatt

Page 14 AD 2000 Annex 1, 1.10.2011 edition

TABLE 3. Examples of structural forms and welded joints with the corresponding classes (K 0, K 1, K 2 and K 3) and corresponding stress factors  $\eta$  (Zusatz drawn in an example)

| Form No.                     | Illustration | Description  | Requirements   | Class | $\eta$ |
|------------------------------|--------------|--|--|-------|--------|
| 1.10                         |              | corner with corner joint   | welded from both sides or on one side with backing weld  | K 1   | 2,7    |
| 1.11                         |              | corner with corner joint   | welded from one side without backing weld  | K 3   |        |
| 1.12                         |              | butt with U-groove and longitudinal weld   | form of weld and class alteration in special Nos. 1.1.1.2  | K 1/2 | 2,0    |
| 1.13                         |              | double head-to-head connecting weld with cylindrical heads (duplex to AD 2000-Merkblatt 8.3) | form of weld and class alteration in special Nos. 1.1.1.2  | K 1   | 1,3    |
| 1.14                         |              | heads of steel cylindrical head  | permitted  | K 0   | 2,5    |
| 1.15                         |              | heads of longitudinal head   | permitted  | K 0   | 2,0    |
| <b>2. Node-to-gate welds</b> |              |  |  |       |        |
| 2.1                          |              | full through or full in node   | full penetration welded from both sides or full penetration welded from one side with backing weld | K 1   | 2,0    |
| 2.2                          |              | full through or full in node   | full penetration welded from one side with backing weld  | K 2   |        |
| 2.3                          |              | full through or full in node   | full penetration welded from both sides, but not full penetration                                  | K 0   |        |
| 2.4                          |              | full in node in the illustration (full in node)  |  | K 3   |        |
| 2.5                          |              | full in node   | full penetration welded from one side without backing weld or without backing (if not)             | K 1   |        |
| 2.6                          |              | full in node   | full penetration welded from one side without backing weld or without backing (if not)             | K 2   |        |
| 2.7                          |              | node with post reinforcement weld on the inside diameter of reinforcing part                 |  | K 3   |        |
| 2.8                          |              | node with post reinforcement weld on the outside diameter of reinforcing part                | full penetration welds or connection classes in special Nos. 1.1.1.2 and 1.1.1.3                   | K 1   |        |

GREMI DE CALDERERIA

CÀLCUL DEL NOMBRE DE CICLES ADMISSIBLE,  $N_{zul}$ (cont)

$$N_{zul} = \left( \frac{B}{2\sigma_a} \right)^m$$

$$2\sigma_a = \frac{\eta}{F_d \cdot f_T} \cdot \frac{(\hat{p} - \check{p})}{p_r} \cdot \frac{K_{20}}{S}$$

$(\hat{p} - \check{p})$  = amplitud del cicle

$p_r$  = pressió màxima que aguanta el component concret; s'obté aïllant  $p$  de les fórmules de l'espessor o per càlcul iteratiu.  $p_r \geq P_S$

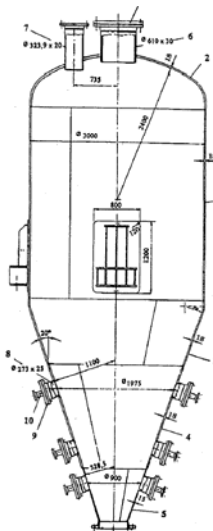
per exemple, per un cilindre:

$$e = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \frac{K_{20}}{S}} \rightarrow p_r = \frac{e \cdot 2 \cdot \frac{K_{20}}{S}}{D}$$

GREMI DE CALDERERIA

### CÀLCUL DEL NOMBRE DE CICLES ADMISSIBLE, $N_{zul}$ (cont)

Hem de trobar  
la  $p_r$  de cada  
cas de càlcul



$$N_{zul} = \left( \frac{B}{2\sigma_a^*} \right)^m$$

$$2\sigma_a^* = \frac{\eta}{F_d \cdot f_{T^*}} \cdot \frac{(\hat{p} - \check{p})}{p_r} \cdot \frac{K_{20}}{S}$$

GREMI DE CALDERERIA

### CÀLCUL DEL NOMBRE DE CICLES ADMISSIBLE, $N_{zul}$ (cont)

$$N_{zul} = \left( \frac{B}{2\sigma_a^*} \right)^m$$

$$2\sigma_a^* = \frac{\eta}{F_d \cdot f_{T^*}} \cdot \frac{(\hat{p} - \check{p})}{p_r} \cdot \frac{K_{20}}{S}$$

CONCLUSIONS. Maximitzar  $N_{zul}$ :

- Per augmentar B, emprar tipus de construcció de més qualitat, per exemple, soldadura per les dues cares en front de per una sola cara y amb penetració en front de soldadures d'angle
- Per disminuir  $\eta$ , emprar geometries corbes y suaus en front de anguloses
- Per augmentar  $p_r$ , sobredimensionar (més gruix)
- $K_{20}/S$  convé que no sigui gaire alt → els acers d'alta resistència es comporten pitjor a fatiga que els normals

GREMI DE CALDERERIA



## MATERIALS: SELECCIÓ

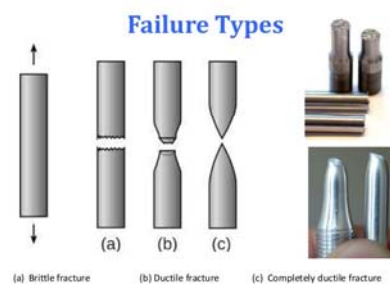
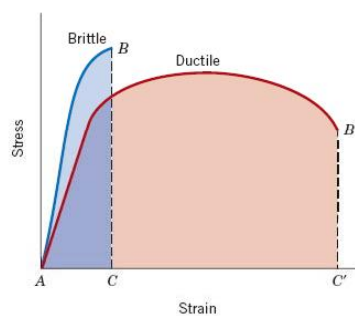
- Codis → Materials de normes harmonitzades o no
- Altres: materials no harmonitzats, presents al mercat → acomplir DEP, Ann1
- Avaluació particular de materials PMA (DEP, Ann 1, 4.2.b i c: sempre que el material no estigui recollit en una norma harmonitzada

## MATERIALS: ALLARGAMENT I RESILIÈNCIA

DEP Ann I, 4.1: materials han de tenir suficient ductilitat i duresa tenacitat (tough a la versió anglesa)

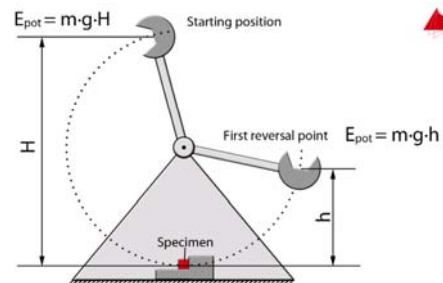
DEP Ann I, 7.5, acers

- **Allargament de ruptura  $\geq 14\%$**



## MATERIALS: ALLARGAMENT I RESILIÈNCIA

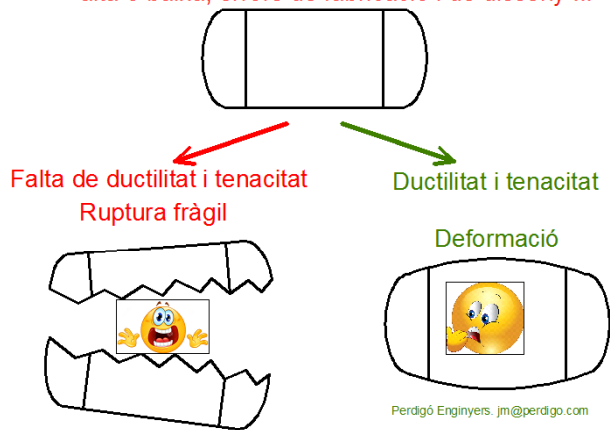
DEP Ann I, 7.5, acers:  
**Resiliència** a  $TS_{min}$  o  $20^{\circ}C$   
 (la que sigui més baixa)  
 $\geq 27 J$



GREMI DE CALDERERIA

## MATERIALS: ALLARGAMENT I RESILIÈNCIA

**CONCLUSIÓ:** Pressió excessiva, temperatura excessivament alta o baixa, errors de fabricació i de disseny ...



GREMI DE CALDERERIA

## MATERIALS MOLT PRESENTS EN EL MERCAT, DE DIFÍCIL ENCAIX A LA DEP

### 1. Tub DIN 2448

Tot i que DIN 2448 era una norma de dimensions, sota aquesta denominació ens acostumen a oferir:

Tub s/s **P235TR1** EN 10216-1 que equival a l'antic St 37.0 DIN 1629. No té garantida la resiliència de 27 J.

Alternativa correcta:

Tub s/s **P235TR2** EN 10216-1

## MATERIALS MOLT PRESENTS EN EL MERCAT, DE DIFÍCIL ENCAIX A LA DEP

### 2. Xapa S275JR+N EN 10025-2

Molt comuna. També se la coneixia com A42b

No és harmonitzada. No té garantits 27 J.

AD Merkblätt W4 permet usar-la, però per espessors de més de 6 mm s'ha de disposar de l'assaig de resiliència.

Alternativa recomanable:

**Xapa P265 GH EN 10028-2**

## MATERIALS MOLT PRESENTS EN EL MERCAT, DE DIFÍCIL ENCAIX A LA DEP

### 3. Cargols 8.8 EN ISO 898-1 (abans 8.8 DIN 267)

S'admeten les classes 5.6 i 8.8

No s'admeten les classes 6.8, 10.9 i 12.9

Costa molt aconseguir-los amb certificat de qualitat 3.1, però és necessari

Condicions de AD Merkblätt W7 pels cargols 8.8:

- $D \leq M39$  ;  $p \leq 40$  bar ;  $T \leq 300^\circ\text{C}$
- Si  $PS \cdot V > 5000$  → Certificat de qualitat 3.2
- Si  $T > 50^\circ\text{C}$  → Comprovar resistència en calent

Alternativa:

**42CrMo4** EN 10269 = ASME SA-193 B7

## MATERIALS MOLT PRESENTS EN EL MERCAT, DE DIFÍCIL ENCAIX A LA DEP

### 4. Inoxidable AISI 304L

AISI 304L és una denominació comercial, no és una norma. Al especificar AISI 304L no indiquem tot un munt de característiques que defineixen el producte adequat per equips a pressió

| PRODUCTE                       | NORMES EUROPEES   | NORMES AMERICANES |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| Xapa                           | 1.4307 EN 10028-7 | ASME SA240 304L   |
| Tub soldat                     | 1.4307 EN 10217-7 | ASME SA312 TP304L |
| Tub sense soldadura            | 1.4307 EN 10216-5 | ASME SA312 TP304L |
| Brides, forja                  | 1.4307 EN 10222-5 | ASME SA182 F304L  |
| Barres, passamans              | 1.4307 EN 10272   | ASME SA479 304L   |
| Accessoris per soldar: colzes, | 1.4307 EN 10253-4 | ASME SA403 WP304L |
| No vàlid per equips a pressió  | 1.4307 EN 10088   | -                 |

GREMI DE CALDERERIA

Moltes gràcies

Josep Maria Perdigó

Enginyer industrial

[jm@perdigo.com](mailto:jm@perdigo.com); [gremi@gremicaldereria.com](mailto:gremi@gremicaldereria.com)