

文章编号:CN23-1249(2008)03-0075-03

为什么 ASME 材料中奥氏体不锈钢 会有两种许用应力

王慧文

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司,黑龙江 哈尔滨 150046)

摘 要:本文论述了 ASME 法规材料篇中奥氏体不锈钢存在两种不同的许用应力值及我们采用作为锅炉钢管的许用应力值其安全系数低于 1.5 的原因。

关键词:ASME;奥氏体不锈钢;许用应力;安全系数

中图分类号:TK229 **文献标识码:**A

Why are there Two Differential Allowable Stresses for the Austenitic Stainless Steel on ASME Code

Wang Huiwen

(Harbin Boiler Co., Ltd., Harbin 150046, China)

Abstract: There are two differential allowable stress for the austenitic stainless steel on ASME code. This paper described the reason why we had adopted the lower numeral data in which the safety coefficient was lower than 1.5 to be boiler tube or pipe.

Key words: ASME; the austenitic stainless steel; allowable stress; safety coefficient

0 引 言

翻开 ASME 法规第 II 卷 D 篇(材料性能篇)就会发现奥氏体不锈钢比如我们设计常用的 SA213TP304H, SA213TP347H, SA213TP316H, SA213TP310HCbN(日本牌号 HR3C)等等都有两种许用应力值。详细数据可参阅哈锅公司标参 236(C)或哈锅“ASME 强度计算实用手册”。我们现以常用的材料 SA213S30432(俗称超级 304 无缝管, ASME CODE CASE-2328 公称成分 18Cr9Ni3CuNbN)为例说明,它的许用应力值也同时有两种,第一行的数值较低,简称低应力。第二行的数值较高,简称高应力。中温段低应力值约为同温度下高应力值 75% 左右。同一钢种,同一

个最低屈服强度值 $\sigma_s = 34$ Ksi, 同一个最低抗拉强度值 $\sigma_b = 85$ Ksi。

1 ASME 中奥氏体不锈钢许用应力 与安全系数

ASME 的许用应力是按如下规则产生的:当使用温度低于蠕变和持久强度对许用应力起控制作用的温度时,材料的许用应力取下列各值中最低值:

- (1) 室温下规定的最小抗拉强度除以 3.5, 即 $\sigma_b/3.5$;
- (2) 使用温度下的抗拉强度乘以 1.1/3.5, 即 $\sigma_b/3.18$;

收稿日期:2008-02-14

作者简介:王慧文(1978-),女,黑龙江哈尔滨人,2001年毕业于辽宁工程技术大学力学系,工程师,在设计开发处从事锅炉管道应力分析与强度设计工作。

(3) 室温下的规定最小屈服强度乘以 2/3, 即 $\sigma_s/1.5$;

(4) 使用温度下的屈服强度乘以 2/3 或 0.9 倍使用温度下的屈服强度, 后者只适用于稍微变形对本身无害的奥氏体不锈钢, 即 $\sigma'_s/1.5$ 且小于 $\sigma'_s/1.1$ 。

上面各条中的分母值分别为该规定情况下的安全系数。

一般情况下钢种的许用应力值, 常温下由抗拉强度控制, 即第(1)(2)条起控制作用。中温下由屈服强度控制, 即第(3)(4)条起作用。高温下由持久强度起作用。

超级 304 或其他奥氏体不锈钢采用不同的许用应力值, 主要发生在 500 °F ~ 1 200 °F (260 °C ~ 649 °C) 属中温段, 许用应力值由材料屈服限起控制作用。

通过计算, 低许用应力值安全系数为 1.5, 符合第(4)条规定的取用原则。高应力值的安全系数该是多少呢? 以 1 000 °F 为例: 高低许用应力值分别为 18.6 Ksi 与 13.8 Ksi, 那么高应力值的安全系数就应该是 $1.5 \times 13.8/18.6 = 1.11$, 其他值的许用应力安全系数也都在 1.11 与 1.13 之间。这就意味着我们把它作为锅炉钢管设计时, 安全系数只在 1.12 左右, 而不是通常规定的 1.5。这与奥氏体不锈钢的材料特性—屈服比有关。屈服比定义为同一钢种同一状态下屈服强度 σ_s 与抗拉强度 σ_b 之比值。

多年以来我们锅炉常用的钢材为碳钢与低合金钢, 例如 20G, 15CrMo, 12Cr1MoV, SA335P12, SA335P22, SA299, SA335P91 等等。碳钢与低合金钢材料屈服比都在 0.5 左右。这 0.5 意味着当材料屈服后, 它到断裂破坏, 抗拉强度完全耗尽。还有一半的裕度。当许用应力取为 $\sigma_s/1.5$ 后, 许用应力到抗拉强度存在着 $1.5 \times 2 = 3$ 倍裕量。许用应力值的数量级为抗拉强度的 1/3, 或

$$[\sigma]' \approx 0.33\sigma_b$$

这只是一个数量级概念, 无精确值。取比值 0.33 仅为了计算方便。

自锅炉问世以来, 长期安全使用碳钢与低合金钢的经历使得人们有这样的经验共识:

(1) 采用其它钢材作锅炉受压件材料时必须要有与碳钢及低合金钢同样的安全裕度;

(2) 如果其它钢材作为锅炉受压件材料, 它

具有碳钢与低合金同样的安全裕度时也就够了。

奥氏体不锈钢屈服比, 相对于碳钢与低合金钢就显的低多了。常温时就很低, 比如超级 304, $\sigma_s/\sigma_b = 34/85 = 0.4$ (为了计算方便我们取这个值为参考值)。过了常温段, 屈服比降低到 0.3 左右, 在 400 °C ~ 550 °C 间屈服比甚至降到 0.25。它到 1.0 的距离为 0.75, 意味着从强度屈服再到强度破坏有 3 倍的裕度, 如果这时再用通常 1.5 的安全系数去除屈服限得到许用应力值, 许用应力到强度破坏之间裕度达到漫长的 $1.5 \times 3 = 4.5$ 倍。这么高的裕度已经违背了上述共识(2), 对我们锅炉管子产品也是太浪费了。锅炉管子即使有一小部分屈服, 稍微变形并不影响锅炉安全运行。(许用应力取值原则第(4)条严格规定, 不允许超过 90% 屈服限, 可以保证管子大部分不屈服) 因此我们完全可以参照碳钢与低合金钢裕度范围, 在中温段安全系数上适当降低, 以达到碳钢与低合金钢同样的安全裕度。那么安全系数取多少才合适。

设此时安全系数为 n_s ,

许用应力 $[\sigma]' = \sigma'_s/n_s$

按照碳钢低合金钢 $[\sigma]'/\sigma'_b = 0.33$ 代入

$$\sigma'_s/n_s/\sigma'_b = 0.33$$

$$\text{则 } n_s = \sigma'_s/\sigma'_b/0.33 = 0.4/0.33 = 1.2$$

这说明取 $n_s = 1.2$ 即可达到同碳钢低合金钢同样的裕度了。当然这只是数量级推算, 各钢种各温度段数值都不同。但至少可以看出它已经无须 $n_s = 1.5$, 低于 1.5 了 (大部分在 1.1 ~ 1.3 之间)。更具体精确的数据还要考虑到钢种使用成熟程度, 各种数据的统计方法, 商业利益等。ASME, 欧盟, 日本以及我国新制订的锅炉强度标准都采用这种原则来制订奥氏体不锈钢的锅炉钢管许用应力值。奥氏体不锈钢锅炉钢管中温段安全系数都低于 1.5。

当然, 如果把奥氏体不锈钢作为密封垫片材料, 或其连接法兰, 因微小畸变就会导致泄漏, 失效。因而不允许产生屈服变形的情况中, 许用应力到屈服限之间就需要相当的安全裕度。这时安全系数就应恢复到 1.5, 就应采用 ASME 应力表中低应力值了。由于不锈钢两种不同用途特性, 因而有两种不同的安全系数的许用应力。

[下转第 80 页]

挥发份	Vdaf = 33.8%
低位发热值	Qnet, ar = 13.17 MJ/kg
变形温度	1 480 °C
软化温度	1 500 °C
熔化温度	1 500 °C

1.3.2 补给水品质符合 GB1576 - 1996 热水锅炉水质标准

悬浮物	≤5 mg/L
总硬度	≤0.6 mmol/L
PH(25°C)	≥7
溶解氧	≤0.1 mg/L
含油量	≤2 mg/L

1.3.3 环境条件

地震烈度	8 度
室温变化范围	5 ~ 35°C
湿度变化范围	10 ~ 90%
运行时间:	连续运行 6 个月

2 29MW 锅炉分部件结构特性说明

1) 锅筒的设计制造严格按有关规程及标准进行,筒身及封头材料为 20g/GB713。

2) 锅筒的内径为 $\phi 1\,500$, 长度近 6.7 m, 保留了足够的水容积空间, 为停电保护防止水击提供了安全可靠的保证。

3) 锅筒上设置了必要的安全阀、放气阀、疏水阀、压力表等接口。

4) 锅筒上设有起吊耳板及检修用人孔装置。

5) 根据湍流床、快速床的传热传质特性, 设计了合理的炉膛断面和布风板的尺寸及布置方位, 保证炉内密相区、稀相区完成不同的燃烧份额及换热特性。

6) 炉膛采用复合点火方式, 成熟的轻柴油点火系统保证一次点火顺利成功。冷态启动点火时间 ≥ 8 小时, 热启动时间 ≤ 2 小时。

7) 炉膛水冷壁(和尾部烟道水冷壁)均采用

膜式水冷壁结构, 保证了炉膛的严密性及热膨胀的均匀一致性。

8) 省煤器蛇形管规格为 $\phi 38 \times 3.5$, 材质为 20#GB3087 无缝钢管, 并考虑了足够的腐蚀裕度。省煤器第一、二排管及两侧弯头部位设计了防磨盖板。

9) 省煤器入口集箱采用多管配水进入方式, 有效地减少了分配的不均匀性, 并通过合理的管束布置, 保证省煤器蛇形管受热均匀。

10) 锅炉钢架为全钢结构并按抗八度地震烈度设计。

11) 构架设计及计算考虑了连接管吊挂固定及烟风道附加荷载。

3 结束语

此型锅炉优势明显, 对水质要求没有蒸汽锅炉要求高, 水处理设备相对简单, 且热水炉与蒸汽锅炉相比, 运行操作简便, 运行过程中只关心量调, 不必考虑质调, 蒸汽锅炉要保证蒸汽参数, 如温度、压力等参数, 所以要严格控制温度、压力的允许范围, 随时投入减温减压装置, 以保证锅炉蒸汽的输出品质, 而热水锅炉对用户提供的热水只是用来取暖, 对热水的温度参数要求不是很严格, 为了达到同样的热功率, 只需通过加大循环水流量来控制即可, 所以, 如果不是需要蒸汽源或试验要求, 循环流化床热水锅炉是最经济的选择。

参考文献

- [1] 岑可法, 倪明江, 骆仲泱等. 循环流化床锅炉理论与运行[M]. 北京: 中国电力出版社. 1998.
- [2] 朱国桢等. 循环流化床锅炉设计与计算[M]. 清华大学出版社.
- [3] 陈学俊, 陈听宽. 锅炉原理[M]. 机械工业出版社, 1990.

(编辑: 刘宝珍)

[上接第 76 页]

2 结束语

以上是屈强比比碳钢低合金钢低的钢管取用许用应力时采用低于 1.5 安全系数的基本原理。对屈强比比碳钢低合金钢高的钢种取用许用应力时, 按照上述共识(1)的原理, 它同样必须采用高于 1.5 的安全系数。例如我国近年来从德国引进 DIWA353(BHW35), WB36 等钢种, 属于中强钢。它们的屈强比都比碳钢和低合金钢高, 高于 0.5。新制订的“水管锅炉强度计算标准”中许用应力,

在中温段数据, 安全系数都略高于 1.5。具体的精确数据则根据使用经验, 商业成本与数据处理方法由专家们商定。

这也说明了, 各国锅炉强度计算标准尽管都统一规定了各种安全系数值, 但到了具体某个数值, 它却不一定精确的正好等于数学计算值。也从某一个角度来回答为什么 ASME 法规中奥氏体不锈钢会有两种许用应力值, 我们采用作为锅炉钢管时, 必须采用高应力值的原因。

(编辑: 刘宝珍)