



S30432 耐热钢管

S30432 Heat resistant steel



S30432 耐热钢管产品手册

宝钢特钢有限公司
地址：上海市水产路 1269 号
电话：021-26032973
传真：021-26032931
邮编：200940

概述

S30432 耐热钢管是以 18-8 奥氏体钢为基础，通过添加了 3%Cu、0.10%N、0.5%Nb，使该钢管在 600°C~680°C 的使用温度下由于 ε-富铜相的析出，使得该钢管在该温度下的许用应力比 SA-213 TP347H 高 25%，且具有良好的组织稳定性、抗蒸汽氧化性、抗高温腐蚀性和可焊性。2003 年该钢以 18Cr-9Ni-3Cu-Cb-N 纳入到 ASME CODE CASE 2328-1 规范案例中，2005 年以 S30432 牌号纳入 ASTM 标准中。2008 年中国以 10Cr18Ni9NbCu3BN (S30432) 牌号纳入 GB 5310-2008 高压锅炉用无缝钢管标准中。宝钢经过对 S30432 高压锅炉管的研制，建立了完整的生产体系，操作规程。2008 年 5 月通过专家评审，2010 年 9 月获全国压力容器标准化技术委员会技术评审证书 (见图 13)，同时获生产许可。

几年来，已销售 10Cr18Ni9NbCu3BN (S30432) 管坯和钢管约 5600 余吨，产品已在信阳电厂、绥中电厂、井冈山电厂、新昌电厂得到应用，最长的信阳电厂运行时间已达四年多，产品质量与进口钢管无差别。

化学成分

S30432 钢管化学成分按 ASME Code Case 2328-1、GB 5310-2008 标准要求

表 1 S30432 钢管的化学成分 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	N	Cu	Alt	B
0.07 ~0.13	≤0.30	≤1.00	≤0.030	≤0.010	17.00 ~19.00	7.50 ~10.50	0.30 ~0.60	0.05 ~0.12	2.50 ~3.50	0.003 ~0.020	0.001 ~0.010

钢中五害残余元素 As、Sb、Sn、Bi、Pb 的实际控制：As≤0.015%、Sb≤0.010%、Sn≤0.015%、Bi≤0.010%、Pb≤0.015%。

物理性能

S30432 钢管线膨胀系数

S30432 平均线膨胀系数

表 2 S30432 钢管的平均线膨胀系数

温度 (°C)	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800
平均线膨胀系数 ×10 ⁻⁶ (°C ⁻¹)	16.02	16.82	17.16	17.48	17.86	18.20	18.62	18.96

S30432 钢的密度

S30432 钢管的密度为 8.06 g/cm³。

S30432 钢的弹性模量、剪切模量和泊松比

S30432 钢在不同温度的弹性模量、剪切模量和泊松比

表 3 不同温度下 S30432 钢管的弹性模量、剪切模量和泊松比

温度, °C	剪切模量, GPa	泊松比	弹性模量, GPa
20	75.8	0.29	195
100	73.5	0.29	190
200	70.2	0.30	183
300	66.9	0.30	174
400	64.2	0.29	166
500	61.0	0.30	158
600	57.4	0.30	150
700	54.8	0.28	141

导热系数和比热容

S30432 钢管在不同温度下的导热系数

表 4 S30432 钢管不同温度下的导热系数

温度 (°C)	100	200	300	400	500	600	700
导热系数 λ W/(m·K)	15.87	17.40	19.70	20.78	18.59	13.24	15.68

S30432 钢管在不同温度时的比热容

表 5 S30432 钢管不同温度下的比热容

温度 (°C)	100	200	300	400	500	600	700
比热容 (J/(kg·°C))	506.5	528.6	553.9	565.6	488.6	336.8	396.2

钢管低倍、高倍组织和晶间腐蚀

钢管低倍组织形貌 (见图 1)

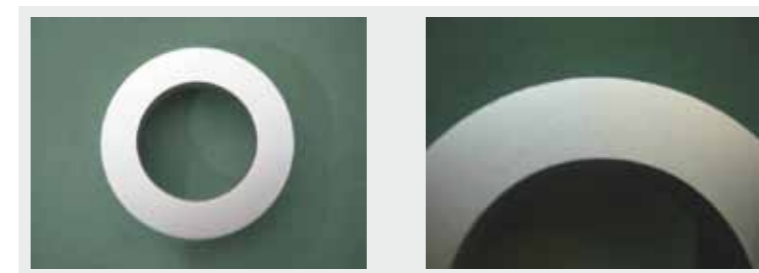


图 1 钢管低倍组织照片

钢管高倍组织

按 ASTM E112 标准, S30432 钢管晶粒度细于等于 7.0 级, 无 α 相 (见图 2)

钢管经 650°C 长时效后显微组织

S30432 钢管经 650°C 长期时效后钢中析出大量细小、弥散分布的第二相 ϵ -Cu。 ϵ -Cu 长大趋势较缓慢, 具有很好的稳定性 (见图 3)

晶间腐蚀

按 ASTM A262-02a 晶间腐蚀试验方法, S30432 钢管无晶间腐蚀 (见图 4)

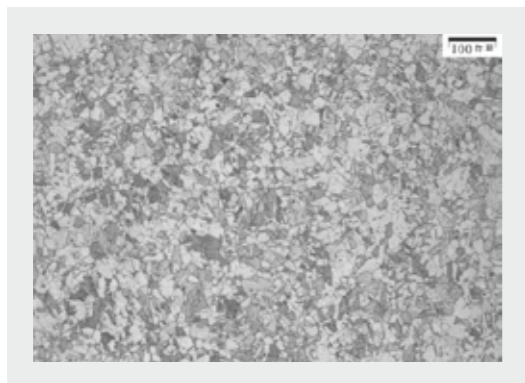


图 2 S30432 钢管高倍组织照片



图 4 晶间腐蚀试样冷弯后形貌

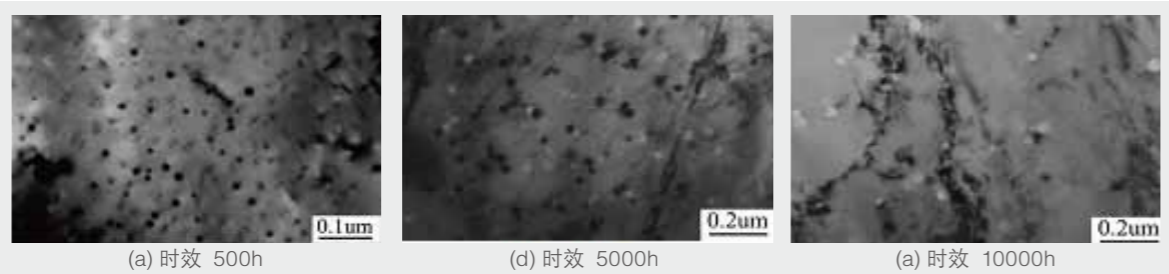


图 3 S30432 钢管 650°C 时效后 ϵ -Cu 的 TEM 照片

力学性能

室温力学性能

钢管固溶态室温力学性能见

表 6 钢管固溶态室温力学性能

Code Case 2328-1 标准范围	Rm, MPa	Rp0.2, MPa	A, %	Z, %	HBW	Akv*, J
典型值	≥590	≥235	≥35	-	≤219	-
	615	315	49.0	74.5	169	162

注: 冲击试样尺寸 10×7.5×55mm

高温力学性能

钢管固溶态高温力学性能 (见图 5)

时效后力学性能

650°C 时效后室温力学性能

固溶态钢管经 650°C 长时效后的室温力学性能 (见图 6)

时效后高温力学性能

固溶态钢管经 650°C 长时效后 650°C 高温力学性能 (见图 7)

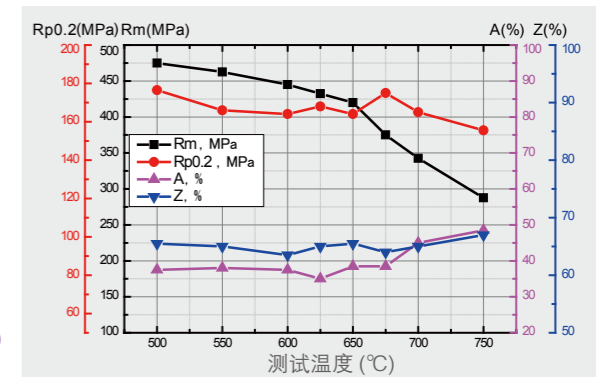


图 5 钢管固溶态高温力学性能图

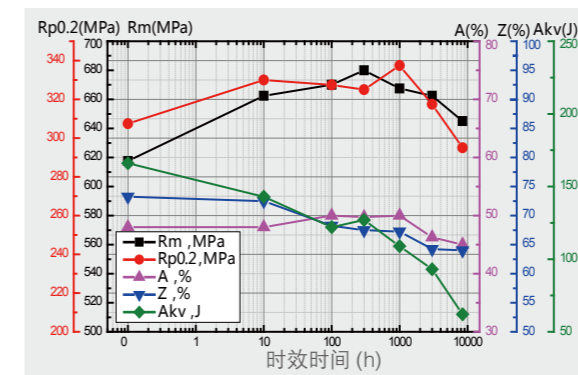


图 6 钢管经 650°C 长时效后的室温力学性能图

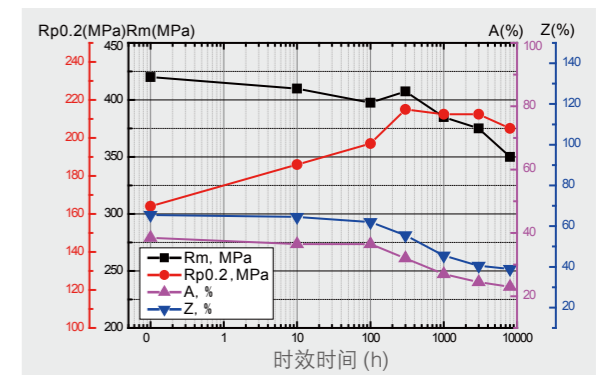


图 7 钢管经 650°C 高温长时效后 650°C 力学性能图

持久性能数据

宝钢 S30432 钢管等温线法持久强度试验图 (见图 8)

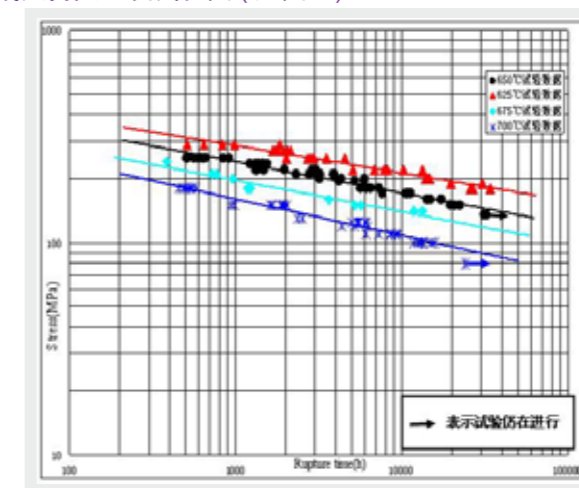


图 8 宝钢 S30432 钢管持久强度试验曲线

采用最小二乘法,根据 S30432 钢管在 625℃、650℃、675℃和 700℃下的持久强度数据,外推相应温度下 10 万小时的持久强度数据,计算公式分别为:

625℃	$\lg \sigma = 2.7796544692 - 0.1128127031 \lg t$
650℃	$\lg \sigma = 2.8216718402 - 0.1469899952 \lg t$
675℃	$\lg \sigma = 2.7392235675 - 0.1483952719 \lg t$
700℃	$\lg \sigma = 2.7236695630 - 0.1725076639 \lg t$
外推结果	$\sigma_{10^5}^{625^\circ\text{C}} = 164.28 \text{ MPa}$
	$\sigma_{10^5}^{650^\circ\text{C}} = 122.1 \text{ MPa}$
	$\sigma_{10^5}^{675^\circ\text{C}} = 99.37 \text{ MPa}$
	$\sigma_{10^5}^{700^\circ\text{C}} = 72.63 \text{ MPa}$

采用 L-M 参数法,根据 S30432 钢管在 625℃、650℃、675℃和 700℃下的持久强度数据,由计算机用多元线性回归分析确定宝钢 S30432 钢管 L-M 参数法持久强度外推公式为:
 $T(18.42868 + \lg tr) = 107464.6 - 111131.83 \lg \sigma + 49873.23 \lg^2 \sigma - 7837.759 \lg^3 \sigma$
 式中: tr 为断裂时间, T 为绝对温度, σ 为应力。由此公式计算的 100000h 外推应力值

表 7 宝钢 S30432 钢管 L-M 参数法 10 万小时外推应力值

温度	100000h 外推应力值
625℃	149.33 MPa
650℃	116.18 MPa
675℃	91.49 MPa
700℃	74.01 MPa

钢管焊接性能良好

钢管焊后金相组织 (见图 9)

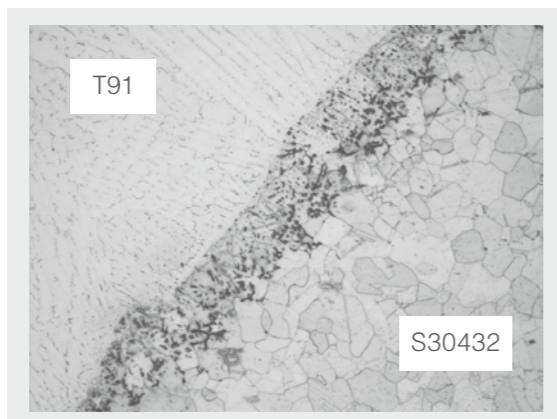


图 9 宝钢 S30432 热影响区 (×200 倍) 晶粒度 4-5 级

钢管冷加工性能优良



图 10 宝钢 S30432 扩孔试验

图 11 宝钢 S30432 压扁试验

图 12 宝钢 S30432 弯头试验

全国压力容器标准化技术委员会技术评审证书 (见图 13)

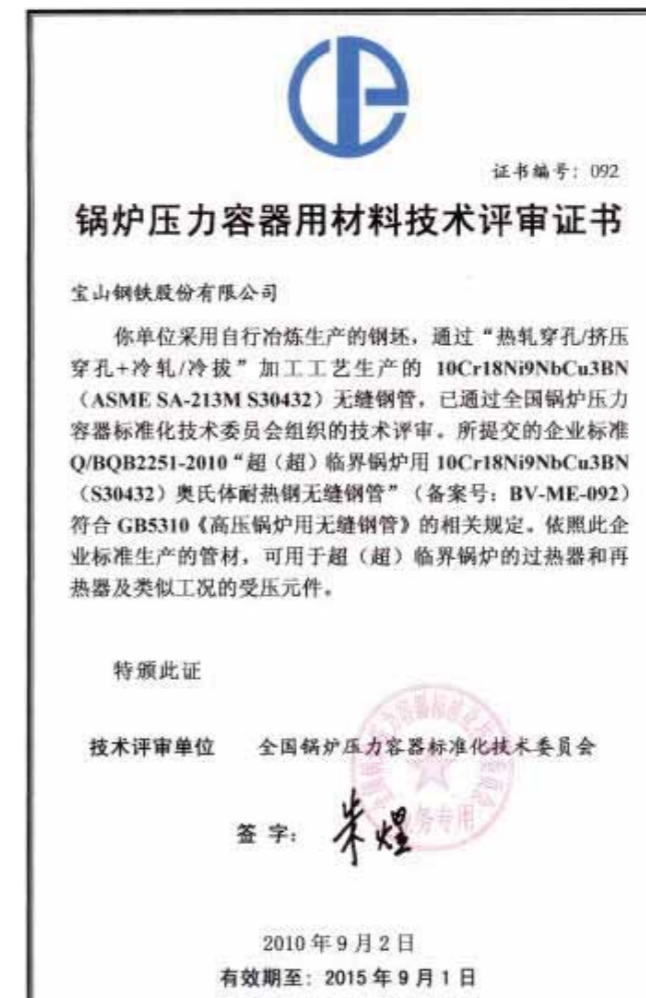


图 13 全国压力容器标准化技术委员会技术评审证书