

300 400 500 $/(W/(m \cdot))$ 20.6 21.5 22.7 23.7 25.42.1.3 4J29比热容
在0 时,比热容为440J/(kg $^{\circ}C$);在430 时,比热容为649J/(kg $^{\circ}C$)。2.1.4 4J29线膨胀系数 标准规定 $1(20 \sim 400) = (4.6 \sim 5.2) \times 10^{-6} -1$; $1(20 \sim 450) = (5.1 \sim 5.5) \times 10^{-6} -1$ (当用于晶体管时上限为 $5.6 \times 10^{-6} -1$)。合金的平均线膨胀系数见表2-2。合金的膨胀曲线见图2-1。2.2 4J29密度2.3 4J29电性能2.3.1 4J29电阻率 $\rho = 0.48 \mu \cdot m[1,5]$ 。表2-2[1] $10^{-6} -1$ $10^{-6} -120 \sim 60$
7.8 20 \sim 500 6.220 \sim 100 6.4 20 \sim 550 7.120 \sim 200 5.9 20 \sim 600 7.820 \sim 300 5.3 20 \sim 700 9.220
 \sim 400 5.1 20 \sim 800 10.220 \sim 450 5.3 20 \sim 900 11.4。2.3.1 4J29电阻温度系数?见表2-3。表2-3[1]温度
范围/ $20 \sim 50$ $20 \sim 85$ $20 \sim 100$ $20 \sim 200$ $20 \sim 300$ $20 \sim 400$ R/10-3 -1 3.7 3.7 3.9 3.9 3.7
3.3。2.4 4J29磁性能2.4.1 4J29居里点 $T_c = 430$ [1,5]。2.4.2 4J29合金的磁性能见表2-4[1]。???
在4000A/m下,剩余磁感应强度 $B_r = 0.98T$,矫顽力 $H_c = 68.8A/m[1,2]$ 。2.5 4J29化学性能 合金在大气、淡水和海水中有良好的耐腐蚀性。表2-4[1,2]H/(A/m) B/T H/(A/m) B/T H/(A/m) B/T 8.09×10^{-2} 80
0.35 2000 1.4716 2.1×10^{-2} 160 0.81 4000 1.6124 3.6×10^{-2} 400 1.17 ? 40 8.3 $\times 10^{-2}$ 8
00 1.34 ? 4J29力学性能3.1 4J29技术标准规定的性能3.1.1 4J29硬度
深冲态带材的硬度应符合表3-1的规定。厚度不大于0.2mm时不作硬度检验。3.1.2 4J29抗拉强度 丝材和带材的抗拉强度应符合表3-2的规定。表3-1状态 /mm 硬度HV深冲态 >2.5 170 2.5 165表3-2
2状态代号 状态 b/MPa 丝材 带材R 软态 <585 $<5701/4I$ 1/4硬态 585 \sim 725 520 \sim 6301/2
1 1/2硬态 655 \sim 795 590 \sim 7003/4I 3/4硬态 725 \sim 860 600 \sim 770I 硬态 >850 >7003.2
4J29室温及各种温度下的力学性能3.2.1 4J29硬度
冷应变率为50%的带材,在不同退火温度下的硬度见图3-1。3.2.2 4J29拉伸性能 合金(退火态)在室温的拉伸性能见表3-3。冷应变率为50%的带材,在不同退火温度下的拉伸性能见图3-2。表3-3[1,5] b/MPa
P0.2/MPa /%520 330 30。3.3 4J29持久和蠕变性能。3.4 4J29疲劳性能3.5 4J29弹性性能3.5.1
4J29弹性模量 $E = 138GPa$ 。四、4J29组织结构4.1 4J29相变温度? 相变温度在-80 以下。4.2
4J29时间-温度-组织转变曲线?4.3 4J29合金组织结构?合金按1.5规定的热处理制度处理后,再经-78.5 冷冻
,大于等于4h不应出现马氏体组织。但当合金成分不当时,在常温或低温下将发生不同程度的奥氏体(γ)
向针状马氏体(β)转变,相变时伴随着体积膨胀效应。合金的膨胀系数相应增高,致使封接件的内应力
剧增,甚至造成部分损坏。影响合金低温组织稳定性的主要因素是合金的化学成分。从Fe-Ni-Co三元相
图中可以看到,镍是稳定 相的主要元素,镍含量偏高有利于 相的稳定。随合金总变形率增加其组织
越趋向稳定。合金成分偏析也可能造成局部区域的 相变。此外晶粒粗大也会促进 相变。4.4
4J29晶粒度 标准规定深冲态带材的晶粒度应不小于7级,小于7级的晶粒不得超过面积的10%。厚度小于0.
13mm的带材估计平均晶粒度时,沿带材厚度方向晶粒个数应不少于8个。冷应变率为60%~70%的厚的带
材,在表4-1所示温度下退火1h,空冷后,按YB 027-1992附录A评级,其晶粒度见表4-1。表4-1[1,2]退火温
度/ 675 700 750 800 900 1000 1100 1200 晶粒度级别 开始再结晶 >10 >10 10 7.5 5.0
4.0 3.0五、4J29工艺性能与要求5.1 4J29成形性能?该合金具有良好的冷、热加工性能,可制成各种复杂
形状的零件。但应避免在含硫的气氛中加热。在冷轧时,当带材的冷应变率大于70%时,退火后会引
起塑性各向异性;冷应变率在10%~15%范围时,合金在退火后会导导致晶粒急剧长大,也将产生合金的
塑性各向异性。当终应变率为60%~65%,晶粒度为7~8.5级时,其塑性各向异性小[2,4,7~9]。合金带材
的杯突值与厚度的关系见图5-1。5.2 4J29焊接性能 该合金可采用钎焊、熔焊、电阻焊等方法与铜、钢、镍等
金属焊接。当合金中钨含量大于0.06%时,将影响板材的氩弧焊焊接质量,甚至使焊缝开裂。该合金与玻
璃封接前,应清洗干净,随后进行高温湿氢处理、预氧化处理。5.3 4J29零件热处理工艺
热处理可分为:消除应力退火、中间退火、净化去气处理、预氧化处理。(1)消除应力退火 为消除零件在
机械加工后的残存应力要进行消除应力退火: $470 \sim 540$,保温1~2h,炉冷或空冷。(2)中间退火 为消除
合金在冷轧、冷拔、冷冲压过程中引起的加工硬化现象,以利于继续加工。工件需在干氢、分解氨或真
空中,加热到 $750 \sim 900$,保温14min~1h,然后炉冷,空冷或水淬。??? (3)净化去气处理 零件成形后,
预氧化处理前,需进行湿氢处理,处理前应进行除油。工作需在饱和湿氢中,加热到 $950 \sim 1050$
,保温10~30min,然后炉冷。(4)预氧化处理 合金在湿氢处理后,熔封前一般要进行预氧化处理,使合
金表面生成一层厚度均匀、致密的氧化膜,该氧化膜与基体结合牢固,且能很好地与熔融的玻璃浸润。
零件在湿氢处理后,在大约800 的空气中氧化。零件的增重在 $0.2 \sim 0.4mg/cm^2$ 范围为宜[10]。该合金不
能用热处理硬化。??? 5.4 4J29表面处理工艺 表面处理可用喷砂、抛光、酸洗。??? 零件与玻璃封接后,为
易于焊接,需去除封接时生成的氧化膜,可将零件在10%盐酸+10%的水溶液中,加热到70 左右,酸洗
2~5min。该合金具有良好的电镀性能,表面能镀金、银、镍、铬等金属。为便于零件间的焊接或热压粘
结,常镀以铜、镍、金、锡的镀层。为改善高频电流的传导能力,降低接触电阻以保证正常的阴极发射

特性，常镀以金、银的镀层。为提高器件的耐蚀性能可镀镍或金[11]。5.5 4J29切削加工与磨削性能 该合金切削特性和奥氏体不锈钢相似。加工时采用高速钢或硬质合金刀具，低速切削加工。切削时可使用冷却剂。该合金磨削性能良好。Vacon 12运输工业：目前，内燃机车或汽车等民用运输工具使用的涡轮增压器选用的是细晶等轴晶高温合金叶片。内燃机机车主要是北车集团生产。在战车领域，目前上只有美国将燃气轮机作为主战动力，美国M1型系列均装配了小型燃气轮机作为动力，效率高。启动快、马力大。舰船动力装置使用大量高温螺栓。由于在海上长期工作，因此螺栓材料要经受由海盐成分加速的热腐蚀。另外由于螺栓还承受很大的拉应力，所以应力腐蚀是螺栓失效的重要因素。因此结构钢和合金钢螺栓多数不能直接长期用于舰船动力装置。而应选用抗海洋气氛腐蚀性能好、抗高温腐蚀性能好、抗松弛性能好的高温合金制作舰船动力装置用螺栓。可选的螺栓用高温合金有：GH132 (A286)、GH145 (Inconelx750)、GH751 (Inconel751)、GH169、GH33A、GH80A (Nimonic80A)、GH90 (Nimonic90)、MP35N、GH159 (MP159)、R26、GH105 (Nimonic105)、GH242 等。