

N10276 复合板封头热压成型的分析

刘 帆

(西安核设备有限公司, 陕西 西安 710021)

摘 要: N10276 复合板广泛地应用于工业生产中, 对其热压工艺的研究就尤显重要。对 N10276 复合板封头热压成型进行了较为系统的分析, 找出了较为理想的热压工艺; 针对错误的热压工艺造成的不合格封头提出了有效的补救措施, 并对 N10276 复合板封头的成形提出了一些建议。

关键词: 复合板; 晶间腐蚀; 晶界析出物; 热压

中图分类号: TG113; TQ050.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4837(2007)05-0021-05

Analysis about Hot Forming of N10276 Clad Plate Head

LIU Fan

(Xi'an Nuclear Equipment Co., Ltd., Xi'an 710021, China)

Abstract: The N10276 clad plate has been used in industry more and more widely, so it is very important to study its hot-forming. This article is mainly analyze hot-forming of N10276 clad plate systematically, and has found a much ideal hot-forming technics. For the unqualified head caused by the fault hot-forming, this article bring forward the effective remedy measures. Moreover it also made the constructive suggestions for pressing the head of N10276 clad plate.

Key words: clad plate; intergranular corrosion; precipitate on the grain boundaries; hot-forming

N10276 是一种镍-铬-钼抗腐蚀合金, 适应多样的环境。N10276 合金对局部腐蚀有很强的抵抗能力, 同时对氧化和还原介质都有突出的抗腐蚀能力, 因此 N10276 复合板便得到了广泛的应用。由于 N10276 合金在某一敏感温度范围易从晶间析出有害相, 严重影响抗腐蚀能力, 所以一般都要求在 1121 ℃ 作固溶热处理并随后快速淬冷。由此看来, 对其热压工艺的控制是很有必要的。

1 实例分析

某厂一产品封头用板材 16MnR/N10276, 规格: 20 mm/4 mm。质量证明书显示: 复层(N10276)为固溶状态, 复合后采用 650 ℃ × 2 h 消除应力。板材进厂复验, 复层的成分见表 1, 符合标准要求; 复层的

腐蚀试验按 ASTM G28-A 法进行^[1], 结果为 5.3, 5.5 mm/a, 也符合标准要求。

表 1 封头用复合板复层(N10276)化学成分 (%)

项目	C	S	Si	Mn	P	Ni	Cr	W	Mo	Fe
结果	0.005	0.002	0.018	0.41	0.005	余量	16.64	3.21	16.72	5.93

由于该厂无水压机, 因而将封头压制工序外协, 并向对方提供了成熟工艺。然而由于对方的疏忽, 执行了错误的工艺, 封头质证书表明为: 以 ≤ 300 ℃/h 速度升温, 930 ℃ 保温 30 min。

930 ℃ 保温 30 min 对 N10276 来讲是一个危险的工艺, 它将导致晶界大量出现有害的化合物沉淀, 从而使晶界抗蚀性能大幅降低。封头进厂后对所带试板复层进行腐蚀试验, 试验方法按 ASTM G28-A 法, 腐蚀速率为: 68.9, 66.2 mm/a, 宏观照片见图 1。

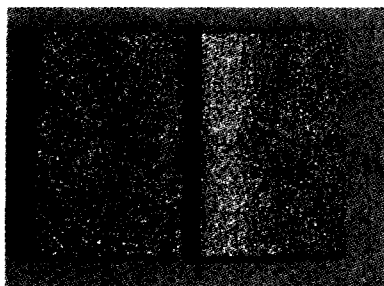


图1 宏观照片

为了便于进一步分析,对腐蚀后的一个试样作了金相分析,其微观金相照片见图2,3。

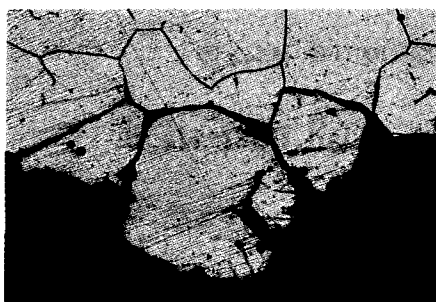


图2 试样边缘

($\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$ (侵蚀约 1.5 min))

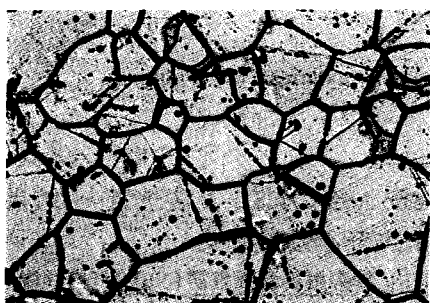


图3 试样中部

(10% 草酸电解约 1 min)

N10276 对氧化还原气氛、三氯化铁、二氯化铜环境均有很好的抗蚀能力,而经过 $930\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、30 min 处理后,晶界却如此易蚀(见图2),图2显示出的也是最典型的晶间腐蚀。为了较清楚地显示出晶界细节,又对该试样作了电解,放大后(见图3)可以清楚地看到宽阔的晶界和满布在晶界上的连续析出物。晶界的沉淀物是 M23C6、M6C 碳化物和钼及钨的金属间化合物^[2],这些沉淀物的产生导致了晶界附近的贫钼,使得耐蚀能力显著降低。

笔者曾对 N10276 复合板的热压作过较系统的模拟试验,用作模拟试验的 N10276 成分见表2。

表2 模拟试验用 N10276 成分 (%)

项目	C	S	Si	Mn	P	Ni	Cr	W	Mo	Fe
结果	0.006	0.001	0.06	0.45	0.006	余量	15.85	3.49	16.19	5.93

模拟温度分别为:600, 700, 730, 770, 800, 860, 920 $^{\circ}\text{C}$, 具体结果见表3。

表3 模拟试验数据和金相说明

状态	热处理工艺	腐蚀速率 (mm/a)	金相图及分析说明	
			10% 草酸电解约 1min	化学试剂擦蚀约 2 min
固溶	1120 $^{\circ}\text{C}$ + 水淬	4.60	单相组织, 无沉淀物产生	用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$, $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$, $\text{HF} + \text{HO}_3$ 均未能显示出晶界
	600 $^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min	4.70	图4 单相组织, 无明显沉淀物产生	用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$, $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$, $\text{HF} + \text{HO}_3$ 均未能显示出晶界
	700 $^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min	4.73	图5 单相组织, 无明显沉淀物产生	用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$, $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$, $\text{HF} + \text{HO}_3$ 均未能显示出晶界
模拟热压	730 $^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min	8.01	图6 单相组织, 无明显沉淀物产生	图7, 用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$ 擦蚀未能显示出晶界, 但试样边缘已有较轻晶间腐蚀
	770 $^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min	8.81	图8 单相组织, 无明显沉淀物产生	图9, 用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$ 擦蚀未能显示出晶界, 但试样边缘已有较轻晶间腐蚀
	800 $^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min	49.7	图10 晶界已有较多沉淀物产生	图11, 用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$, 经约 3 min 方可隐约显示出晶界
	860 $^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min	50.7	图12 晶界已有较多沉淀物产生	图13, 用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$, 隐约显示出晶界
	920 $^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min	65.5	图14 晶界宽大, 并布满沉淀物	图15, 用 $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{酒精}$, 清晰显现出晶界

注:试验方法均采用 ASTM G28 - A 法。

通过对以上试验数据的分析,可以发现在保温 30 min 前提下:

(1)在 700 $^{\circ}\text{C}$ 以下没有产生晶间腐蚀,在此温度下热压还是安全的;

(2)在 700 ~ 770 $^{\circ}\text{C}$ 已有轻微晶间腐蚀,所以在此温度下热压有较大风险,不提倡;

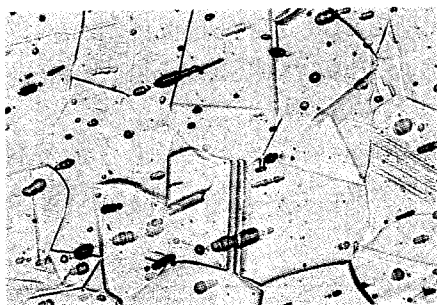


图 4 电解 (600 °C)



图 8 电解 (770 °C)

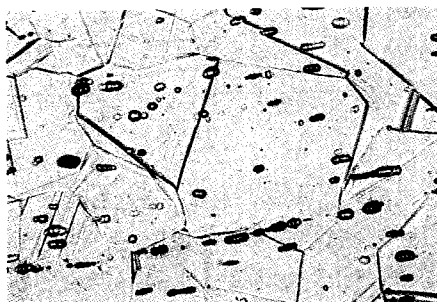


图 5 电解 (700 °C)



图 9 擦蚀 (770 °C)

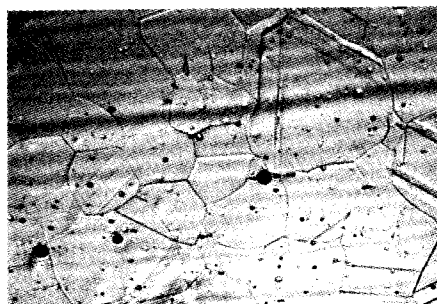


图 6 电解 (730 °C)



图 10 电解 (800 °C)



图 7 擦蚀 (730 °C)

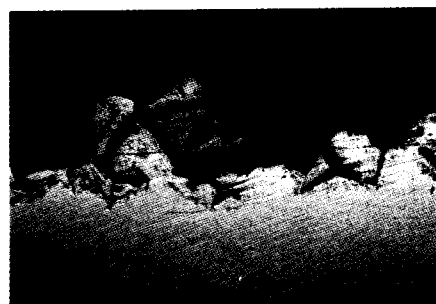


图 11 擦蚀 (800 °C)

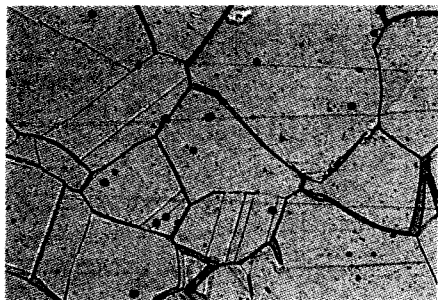


图 12 电解 (860 °C)

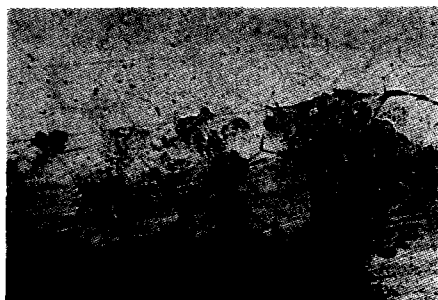


图 13 擦蚀 (860 °C)



图 14 电解 (920 °C)

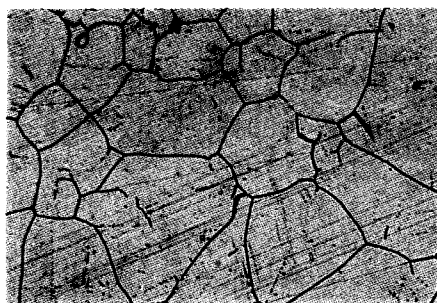


图 15 擦蚀 (920 °C)

(3) 770 °C 以上, 腐蚀很严重, 不允许热压的。

以上所有的数据都是在保温 30 min 这一基础上得来的, 根据复合板厚度的不同, 保温时间可能还要加长, 所以热压温度不宜过高。

美国 Haynes 公司关于镍基合金的资料中有一张图表, 是时间 - 温度 - 敏化曲线图 (见图 16), 很有指导意义。

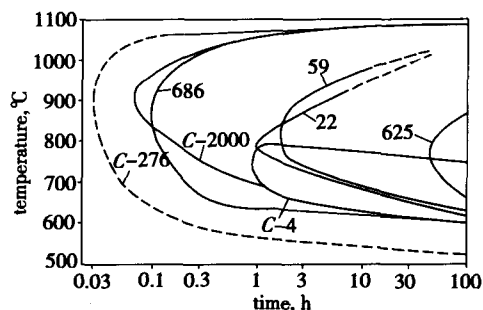


图 16 时间—温度—敏化曲线

再回到先前提到的复合板问题, 笔者理解如下:

(1) 既然 N10276 复层已在晶界产生了大量的析出物, 采用的工艺必须使这些析出物重新溶解, 形成单一的固溶体, 并在室温固定下来;

(2) 基材为 16MnR, 过高的温度及过长的时间将使组织过于粗大, 严重影响其力学性能。

综合两方面考虑, 确定两种方案做模拟试验 (模拟试验所用试板为从封头厂带回的产品试板的余料)。

方案 1: 1080 °C 保温 20 min, 鼓风机吹风冷却;

方案 2: 1100 °C 保温 20 min, 水淬, 然后 620 °C 回火 2 h。

试板通过以上两种方案热处理后, 分别取样试验, 结果见表 4。

表 4 试板取样试验结果

项目	R_m (MPa)	R_{el} (MPa)	A (%)	A_{KV} (J)(°C)	ASTM G28 - A 法 (mm/a)
方案 1 (正火)	510	330	34.0	174/168/176	5.6/5.4
方案 2 (固溶 + 回火)	620	520	26.0	> 292 / > 292 / > 292	4.2/4.2

其基材和复材的金相照片见图 17 ~ 20。

方案 1: 正火工艺似乎也可达到要求, 但从复材的组织形态来看, 晶界和组织机体均有析出物, 工艺控制稍有偏差, 将可能导致复材耐蚀能力的大幅下降。这样看来, 方案 2 (固溶 + 回火) 是较理想的选

择,它的复材腐蚀率控制得相当理想,基材冲击韧性也极好,只是强度偏高,所以最终的方案是:1100 °C 保温 20 min,水淬;随后进行 650 °C/2 h 回火。

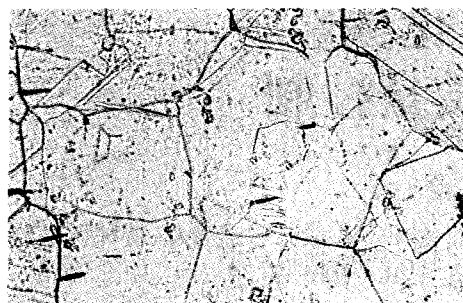


图 17 1080 °C 正火后的复材组织
(10% 草酸电解)



图 18 1080 °C 正火后的基材组织
(晶粒度 7 级(4% 硝酸酒精))



图 19 固溶 + 回火后的复材组织
(10% 草酸电解)



图 20 固溶 + 回火后的基材组织
(晶粒度 4.5 级(4% 硝酸酒精))

2 建议

基于以上的分析研究,对于 N10276 复合板的封头成形,有如下建议:

(1)在可能的情况下,尽量不采用热压。

(2)若由于客观原因只能热压的情况下(N10276 加工硬化现象较严重,采用冷压确实可能带来一些问题,如超出液压设备工作量程、裂纹倾向问题等,在此不作讨论),应尽量采用较保守的温度和时间,因为以上数据均是在相对理想的条件下得出的。

(3)文中提到的案例解决方案,是在迫不得已情况下的补救措施,不可作为生产中的正常工艺。

(4)因条件所限,未对补救后复合板的剪切强度变化进行系统试验,有待今后补充。

参考文献:

- [1] ASTM G28 - 97, Standard Test Method of Detecting Susceptibility To Intergranular Corrosion In Wrought, Nickel - rich, Chromium - bearing Alloys[S].
- [2] 上海市机械制造工艺研究所.金相分析技术[M].上海:上海科学技术文献出版社 1997.

收稿日期:2007 - 02 - 05 修稿日期:2007 - 03 - 20

作者简介:刘帆(1972 -),男,材料工程师。

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告