

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.07.021

国产高密度聚乙烯内衬材料在油井热洗工况的适用性

徐广丽^{1,2}, 田雨¹, 黄俊虎³, 蔡亮学^{1,2}

(1. 西南石油大学石油与天然气工程学院, 成都 610500; 2. 油气消防四川省重点实验室, 成都 610500;

3. 中国石油长庆油田分公司第二采油厂, 甘肃庆阳 745100)

摘要: 通过模拟油井热洗工况, 测试了 JHMG100GW, DQDN3711 两种牌号的国产高密度聚乙烯 (PE-HD) 内衬材料在 68℃, 0.8 MPa 条件下处理前后的形貌、质量、体积、力学性能、硬度及耐热性能。结果表明, 两种试样在采出油中处理后颜色均变黄, 且随温度升高而加深; 在采出油中处理后, JHMG100GW 牌号试样表面出现裂纹, DQDN3711 牌号试样表面产生局部蚀坑; 在采出水中处理后介质渗透速率最大, JHMG100GW 牌号试样的介质渗透速率为 1.40 mm/a, DQDN3711 牌号试样为 4.30 mm/a; 两种试样均发生溶胀行为, 在采出油中处理后两种试样的质量增长率、体积增长率均最大, JHMG100GW 牌号试样的质量增长率、体积增长率分别为 6.29%、9.55%, DQDN3711 牌号试样分别为 7.76%、10.01%; 在采出油中处理后, 试样的力学性能降低, JHMG100GW 牌号试样的拉伸屈服强度和简支梁缺口冲击强度分别降低 22.46% 和 7.00%, DQDN3711 牌号试样分别降低 6.09% 和 22.74%; 处理后两种试样的硬度均有所降低, 但耐热性能良好。

关键词: 高密度聚乙烯; 油井热洗工况; 采出油; 采出水; 溶胀; 力学性能; 耐热性

中图分类号: TQ325.4; TE83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)07-0118-08

Applicability of Domestic PE-HD Lining Materials in Oil Well Hot Washing Condition

Xu Guangli^{1,2}, Tian Yu¹, Huang Junhu³, Cai Liangxue^{1,2}

(1. Petroleum Engineering School, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 2. Oil & Gas Fire Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610500, China; 3. No.2 Oil Production Plant, PetroChina Changqing Oilfield Company, Qingyang 745100, China)

Abstract: The morphology, mass, volume, mechanical properties, hardness and heat resistance of domestic high-density polyethylene (PE-HD) of two grades JHMG100GW and DQDN3711 were tested before and after treatment at 68℃ and 0.8 MPa in simulating oil well hot washing conditions. It is found that the color of the two PE-HD samples change to yellow after being immersed in produced oil, color deepens with the increase of temperature. After processing in the produced oil, cracks appear in the surface of the sample with the grade of JHMG100GW, and local corrosion pits appear in the surface of the sample with the grade of DQDN3711. The penetration rate is the largest in the produced water. The penetration rates of samples of JHMG100GW and DQDN3711 are 1.40 mm/a and 4.30 mm/a, respectively. Both samples have swelling behavior. After treatment in the produced oil, the mass growth rate and volume growth rate of the two samples are the largest. The mass growth rate and volume growth rate of the sample of JHMG100GW are 6.29% and 9.55%, and the sample of DQDN3711 is 7.76% and 10.01%. After processing in the produced oil, the mechanical properties of the samples are reduced. The tensile yield strength of the sample with the grade of JHMG100GW is reduced by 22.46%, the Charpy notched impact strength is reduced by 7.00%, and the two test results of the sample with the grade of DQDN3711 are reduced by 6.09% and 22.74%. After treatment, the hardness of both samples is reduced, but the heat resistance is good.

Keywords: high-density polyethylene; oil well hot washing condition; produced oil; produced water; swelling; mechanical property; heat resistance

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51606160, 51779212), 国家科技重大专项项目 (2016ZX05025004-005), 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (19CX05007A)

通信作者: 蔡亮学, 博士, 讲师, 研究方向为非金属管油田应用、管道内检测

收稿日期: 2021-05-11

引用格式: 徐广丽, 田雨, 黄俊虎, 等. 国产高密度聚乙烯内衬材料在油井热洗工况的适用性 [J]. 工程塑料应用, 2021, 49(7): 118-125.

Xu Guangli, Tian Yu, Huang Junhu, et al. Applicability of domestic PE-HD lining materials in oil well hot washing condition[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(7): 118-125.

近年来,非金属复合管道在油气集输、注水等系统中的应用有效地解决了金属管道腐蚀严重的问题^[1-4],其中增强热塑性复合管(RTP)的应用广泛^[5]。RTP管壁为3层结构^[6-7],从外到内分别为外护层、增强层及内衬层。聚乙烯(PE)具有耐蚀性、防渗性、热稳定性好等特点,是RTP管较常见的内衬层材料^[8]。

PE在不同液体介质中的相容性有一定的研究积累。W. Ghabeche等^[9]通过实验发现,高密度聚乙烯(PE-HD)在60℃,6.89 MPa条件下,具有良好的耐含氯水溶液性能,但被甲苯甲醇混合液浸泡后其力学性能降低。刘德俊等^[10]和刘青山等^[11]发现,热水、H₂S气体、CO₂气体、煤油、NaCl溶液等介质均使PE和交联PE的力学性能降低。Zhou Jiangfang等^[12]研究了PE-HD在乙醇+汽油和生物柴油中的相容性,相比生物柴油,乙醇+汽油更易渗透进PE-HD。蔡亮学等^[13-14]发现,4731B型PE-HD在25℃,50℃集输采出油、采出水服役后,微观形貌改变、力学性能降低,但满足ISO 23936-1-2009耐介质性能要求。齐国权等^[15-16]研究了PE内衬材料在高温苛刻油田环境中的性能变化。

目前,国内油田应用的RTP管PE内衬材料主要依赖国外进口,价格昂贵,为满足市场需求,国内石化公司研发了各自牌号的PE-HD专用料,如JHMG100GW, DQDN3711牌号的耐热PE-HD。2020年7月,以JHMG100GW, DQDN3711两种牌号的PE-HD为内衬的RTP管在长庆油田完成10个月的试验运行。为实现RTP“选料、生产、应用”产业链国产化,对JHMG100GW, DQDN3711两种牌号的国产PE-HD内衬材料进行性能测试,分析其在油田集输环境的适用性十分必要。

笔者以JHMG100GW, DQDN3711两种牌号的国产PE-HD内衬材料为研究对象,采用高温高压反应釜模拟油井热洗工况,通过比较热洗前后两种内衬材料的形貌、质量、体积、力学性能、硬度及热稳定性的变化,依据GB/T 34903.1-2017,对其在油井热洗工况的适用性进行评价,为国产RTP管道在油田集输系统中的推广应用提供参考。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PE-HD: JHMG100GW, 中国石油吉林石化公司;

PE-HD: DQDN3711, 中国石油大庆石化公司;

采出油、采出水: 采出油组分为C₆~C₃₀₊及少量芳香烃,采出水组分主要含Ca²⁺, Mg²⁺, Sr⁺, Ba²⁺, Cl⁻, HCO₃⁻等离子, 中国石油长庆油田公司。

1.2 主要仪器与设备

单螺杆挤出机: UNIEX75-30型, 德国巴顿菲尔辛辛那提公司;

高温高压反应釜: PARR 4584型, 江苏海安县石油科研仪器有限公司;

电子天平: BSA124S型, 德国赛多利斯集团;

恒温水浴: CH1015型, 上海衡平仪器仪表厂;

恒温干燥箱: DHG 101-2型, 上虞市沪越仪器设备厂;

扫描电子显微镜(SEM): Quanta 450型, 美国FEI公司;

电子万能试验机: WSM-20kN型, 长春市智能仪器设备有限公司;

摆锤式冲击试验机: ZBC-25A型, 济南科盛试验机设备有限公司;

邵氏硬度计: LX-A型, 江都市明珠试验机械厂;

热变形/维卡软化温度(VST)测定仪: MZ-2030型, 江都市明珠试验机械厂。

1.3 试样制备

将JHMG100GW和DQDN3711两种牌号的PE-HD粒料放入80℃烘箱内干燥4 h, 供料系统抽取PE-HD粒料进入单螺杆挤出机, 粒料在螺杆的搅动以及机筒温度的作用下成为粘流态, 经挤出机模套口挤出、冷却得到两种PE-HD板材, 挤出温度为200℃, 制备测试试样。

1.4 适用性实验

对长庆油田公司的油井热洗工况进行模拟实验, 在高温高压反应釜中对制备的试样进行浸泡处理, 设置温度为68℃, 压力为0.8 MPa, 浸泡介质为油田采出油、采出水。设置常温常压(25℃, 0.1 MPa)对照组, 实验介质与高温高压反应釜中相同, 同时设置大气静置对照组。实验时长为168 h, 具体实验设置见表1。

表1 浸泡实验方案

项目	试样编号									
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]
压力/MPa	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8
温度/℃	25	25	25	68	68	25	25	25	68	68
浸泡介质	大气静置	采出水	采出水	采出水	采出水	大气静置	采出水	采出水	采出水	采出水

注: 1[#]~5[#]为JHMG100GW牌号PE-HD, 6[#]~10[#]为DQDN3711牌号PE-HD。

1.5 性能测试与表征

耐液体化学试剂性能按照 GB/T 11547-2008 测试,测定试样浸泡前后的质量、尺寸并观测外观变化,每组测试 3 个平行样,结果取平均值。

SEM 测试:将样品在液氮中掰断后进行喷金处理,采用 SEM 对试样表面、断面进行微观形态观察。

拉伸性能按照 GB/T 8804.3-2003 测试,制备尺寸为 110 mm×30 mm×5 mm 的类型 2 哑铃型试样,拉伸速率为 50 mm/min,每组测试 5 个平行样,结果取平均值。

简支梁缺口冲击强度按照 GB/T 1043.1-2008 测试, A 型缺口,每组测试 5 个平行样,结果取平均值。

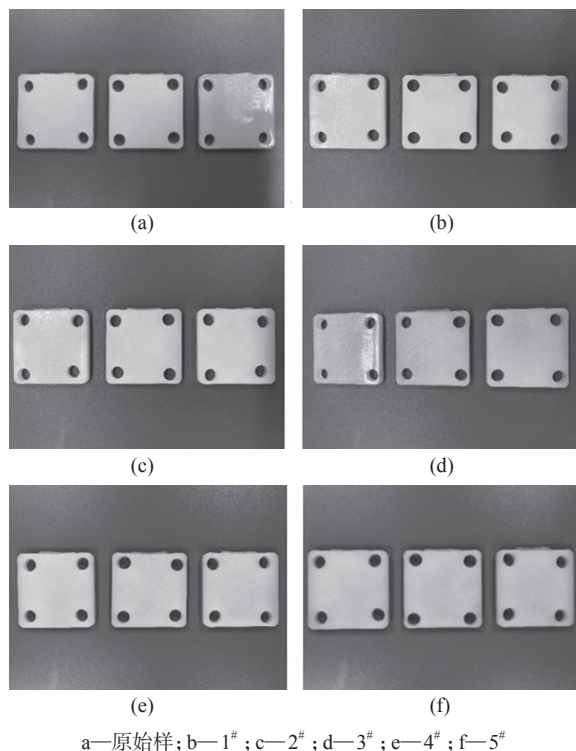
硬度按照 GB/T 2411-2008 测试,每组取 3 个平行样,每个试样测 5 次,结果取平均值。

VST 按照 GB/T 1633-2000 测试,采用 A_{120} 法(负荷为 10 N,加热速率为 120℃/h),每组测试 3 个平行样,结果取平均值。

2 结果与分析

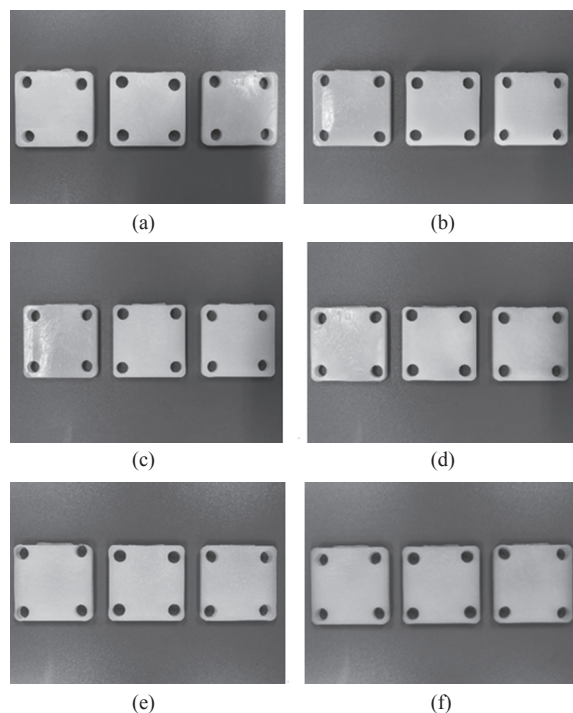
2.1 外观形貌分析

JHMG100GW, DQDN3711 两种牌号的 PE-HD 试样在不同条件处理后的外观形貌分别如图 1、图 2 所示。



a—原始样; b—1[#]; c—2[#]; d—3[#]; e—4[#]; f—5[#]

图1 不同条件处理后 JHMG100GW 牌号试样的宏观形貌图



a—原始样; b—6[#]; c—7[#]; d—8[#]; e—9[#]; f—10[#]

图2 不同条件处理后 DQDN3711 牌号试样的宏观形貌图

目测发现,两种材料的原始试样均为亮白色,有光泽;在大气静置和采出水中处理后两种试样颜色均没有变化;在采出油环境中,常温常压条件下的试样颜色略微变深,变为乳白色;在 68℃, 0.8 MPa 条件下的试样颜色变化显著,变为金黄色,光泽感消失。这是由于浸泡过程中采出油经扩散、渗透及 PE-HD 对烃类物质的吸附作用,原油分子浸入到材料内部使其颜色变深,并且浸入速度与介质温度有关,温度升高,速度增快。同时,发现两种试样处理后没有溶解倾向,表面无肉眼可见的起泡、裂纹;同种实验条件处理后,两种试样的颜色、外观无显著差异。

2.2 微观形貌分析

JHMG100GW, DQDN3711 两种牌号的 PE-HD 试样在不同条件处理后表面微观形貌的 SEM 照片分别如图 3、图 4 所示,断面微观形貌的 SEM 照片分别如图 5、图 6 所示。

由图 3、图 4 可知,处理 168 h 后,两种试样表面均出现了不同程度的老化痕迹:对比处理前的原始样, JHMG100GW 牌号试样在常温常压条件下的采出水中处理后表面出现裂纹,裂纹长度为 1 μm,在 68℃, 0.8 MPa 条件下的采出水中处理后表面呈剥离片状,裂纹长度达到 10 μm,在 68℃,

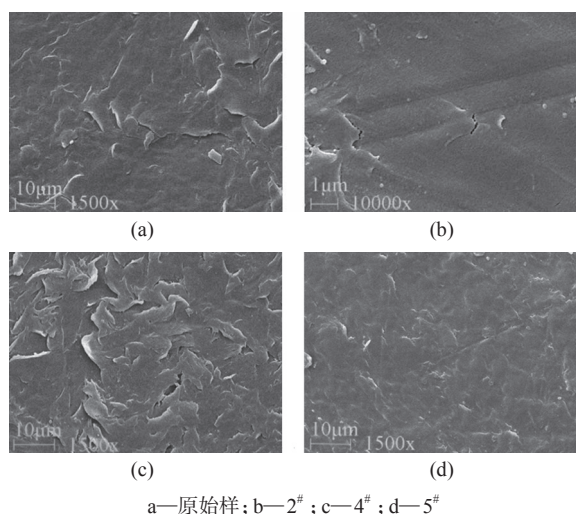


图3 不同条件处理后 JHMG100GW 牌号试样表面的 SEM 照片

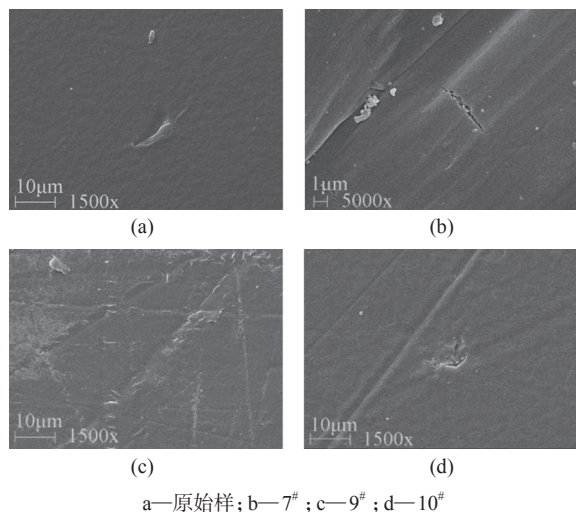


图4 不同条件处理后 DQDN3711 牌号试样表面的 SEM 照片

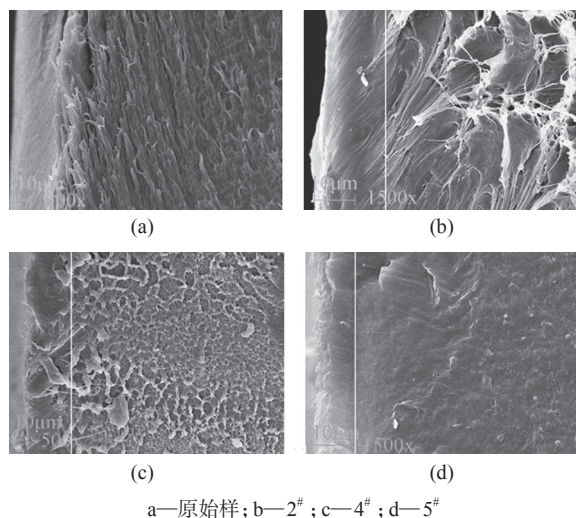


图5 不同条件处理后 JHMG100GW 牌号试样断面的 SEM 照片

0.8 MPa 条件下的采出油中处理后表面变得粗糙。DQDN3711 牌号的 PE-HD 原始样表面平整光滑,在常温常压条件下的采出水中服役后表面出现 5 μm

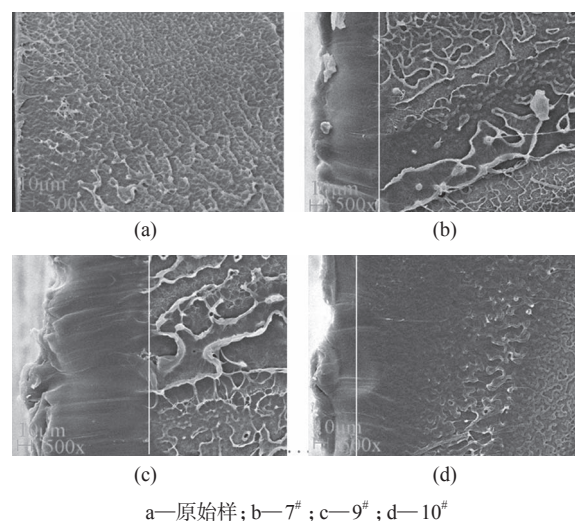


图6 不同条件处理后 DQDN3711 牌号试样断面的 SEM 照片

裂纹,在 68℃,0.8 MPa 条件下的采出油中处理后表面产生局部蚀坑和垢物,在 68℃,0.8 MPa 条件下的采出水中处理后表面出现大面积泛白的老化痕迹。两种试样在介质中浸泡后表面出现的裂纹,在疲劳和蠕变条件下可呈不连续的缓慢裂纹生长模式^[17],在集输系统应用中裂纹有引起管道失效的风险。由图 5、图 6 可知,两种原始样断面纤维规则平整,处理后试样与原始样相比断面边缘处颜色变深,分层现象明显,交联结构被破坏,表明介质由表面渗透进入到材料内部。

不同条件处理后试样的介质渗透速率如图 7 所示。

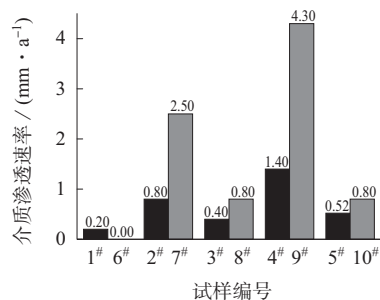


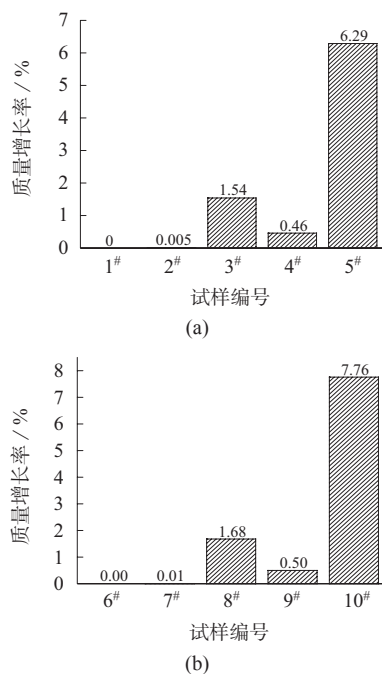
图7 不同条件处理后试样的介质渗透速率

由图 7 可以看出,在大气静置条件下, JHMG100GW 牌号试样的介质渗透速率为 0.20 mm/a,而 DQDN3711 牌号试样没有发现介质渗透现象,说明 JHMG100GW 在大气和光的作用下易发生老化。在常温常压条件下,采出水处理的牌号为 JHMG100GW 的 PE-HD 试样的介质渗透速率为 0.80 mm/a,而牌号为 DQDN3711 的 PE-HD 试样的介质渗透速率为 2.50 mm/a;采出油处理的牌号为 JHMG100GW 的 PE-HD 试样的

介质渗透速率为 0.40 mm/a ,而牌号为 DQDN3711 的 PE-HD 试样的介质渗透速率为 0.80 mm/a 。在 68°C , 0.8 MPa 条件下,采出水处理后,两种试样的介质渗透速率明显增大, JHMGC100GW 牌号试样的介质渗透速率为 1.40 mm/a ,是常温常压条件下的 1.75 倍,而 DQDN3711 牌号试样的介质渗透速率达到 4.30 mm/a ,是常温常压条件下的 1.72 倍;采出油处理后, JHMGC100GW 牌号试样的介质渗透速率略微增大,而 DQDN3711 牌号试样的介质渗透速率与常温常压条件下的相同。对比数据发现,由于材料结构差异,相比 DQDN3711 牌号的试样, JHMGC100GW 牌号试样的结晶度更高,对介质分子扩散运动的阻碍作用强,故采出油、采出水介质更易渗透进 DQDN3711 牌号试样;温度越高,介质渗透速率越快,这是因为温度升高,分子扩散加剧,同时材料分子链结构断裂,降低了对介质分子扩散的阻碍;同种材料,同种工况下,采出水的渗透速率显著高于采出油,这是因为采出水分子体积远小于采出油。总体上看,两种材料的耐采出油渗透性能差别不大, JHMGC100GW 牌号试样的耐采出水渗透性能更好。

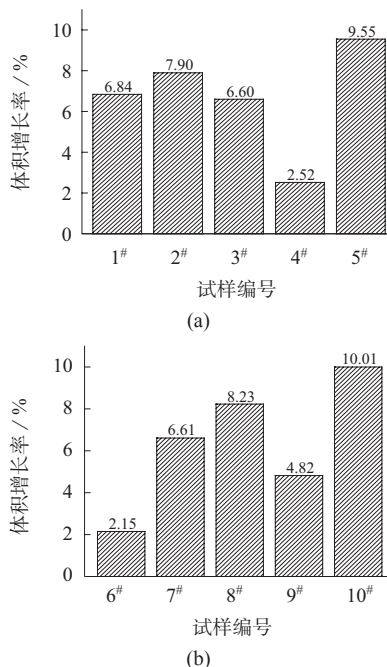
2.3 质量和体积分析

不同条件处理后 JHMGC100GW, DQDN3711 牌号试样的质量增长率及体积增长率分别如图 8、图 9 所示。



原材料牌号: a—JHMGC100GW; b—DQDN3711

图 8 不同条件处理后试样的质量增长率



原材料牌号: a—JHMGC100GW; b—DQDN3711

图 9 不同条件处理后试样的体积增长率

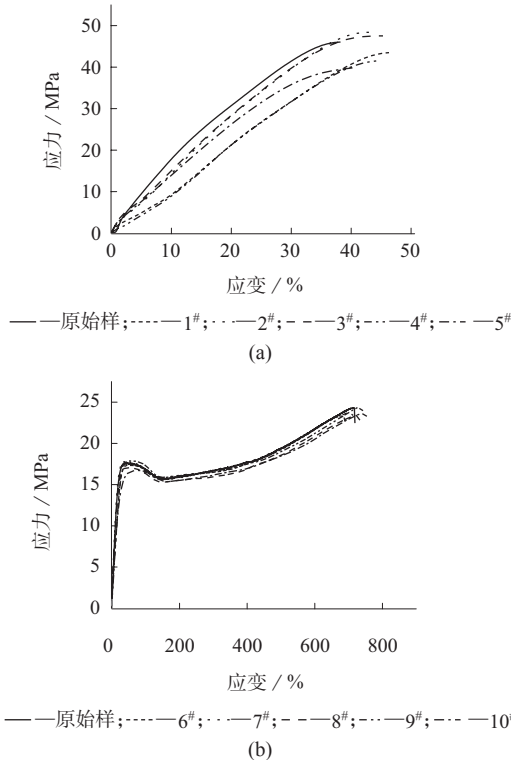
由于采出油、采出水渗透到材料内部致使其发生溶胀,两种试样均表现出质量增加、体积膨胀的现象。由图 8a 可知,大气静置后两种试样的质量均没有发生改变; JHMGC100GW 牌号试样在常温常压下的采出油、采出水中处理后的质量增长率分别为 1.54%, 0.005%, 在 68°C , 0.8 MPa 条件下分别为 6.29%, 0.46%。可以看出,随着温度和压力的增加,介质渗透速度加快,试样质量显著增大;由于油、水分子质量差异大,采出油引起的质量增长率显著大于采出水。由图 8b 可知, DQDN3711 牌号试样的质量增长率有同样的变化规律,在常温常压下的采出油、采出水中处理后的质量增长率分别为 1.68%, 0.01%, 在 68°C , 0.8 MPa 条件下分别为 7.76%, 0.50%。由图 9 可知, JHMGC100GW 牌号试样在大气静置处理后的体积增长率为 6.84%,在常温常压下的采出油、采出水中处理后的体积增长率分别为 6.60%, 7.90%, 在 68°C , 0.8 MPa 下分别为 9.55%, 2.52%; DQDN3711 牌号试样在大气静置处理后的体积增长率为 2.15%,在常温常压下的采出油、采出水介质中处理后的体积增长率分别为 8.23%, 6.61%, 在 68°C , 0.8 MPa 下的采出油、采出水中处理后的体积增长率分别为 10.01%, 4.82%。可以看出,两种试样的体积增长率随着采出油处理介质温度、压力的升高而升高;在采出水介质中,随着采出水处理介质温度、压力的升高而降低。这是由于反

应釜中压力增加,材料体积被压缩,阻碍了油、水分子浸入材料内部,同时随着温度、压力的增加,分子运动加剧,又对分子浸入材料有促进作用,两种作用共同影响,致使材料体积出现了以上的变化规律。

2.4 力学性能分析

(1) 拉伸性能。

不同条件处理后试样的应力-应变曲线如图 10 所示。



a—JHMGC100GW 牌号 PE-HD; b—DQDN3711 牌号 PE-HD

图 10 不同条件处理后试样的应力-应变曲线

由图 10 可知, JHMGC100GW 牌号的 PE-HD 类似橡胶状材料,塑性变形能力差,随着应力的增加,材料直至断裂,经过浸泡后试样的拉伸性能变差; DQDN3711 牌号的 PE-HD 发生弹性变形后,随着应力的增加,材料进入屈服阶段,继而发生塑性变形直至断裂。

不同条件处理后试样的拉伸性能测试结果见表 2。GB/T 34903.1-2017 中规定,热塑性塑料在油气介质中的相容性合格指标为:拉伸屈服强度变化率在 $\pm 20\%$ 以内,断裂伸长率变化率在 $\pm 30\%$ 以内。由表 2 可知, JHMGC100GW 牌号试样的拉伸屈服强度除大气静置处理后增加 13.53% 外,其它条件下处理后均降低,其中,在常温常压下的采出水中处理后降低 37.43%,在 68°C , 0.8 MPa 下的采出油中处理后降低 22.46%;拉伸强度除常温常压条件处理后增大外,其它条件处理后均减小,且变化率均在 $\pm 20\%$ 以内;断裂伸长率除大气静置处理后增加 20.57% 外,其它条件下处理后均增大,且变化率均在 $\pm 20\%$ 以内。DQDN3711 牌号试样的拉伸屈服强度除采出水中处理后增大外,其它条件下处理后均减小,且变化率在 $\pm 20\%$ 以内;拉伸强度均减小,变化率在 $\pm 20\%$ 以内;断裂伸长率除在 68°C , 0.8 MPa 条件下的采出油中处理后增大外,其它条件下处理后均减小,且变化率均在 $\pm 20\%$ 以内。说明 DQDN3711 牌号的 PE-HD 在 68°C , 0.8 MPa 条件下具有良好的集输介质相容性, JHMGC100GW 牌号的 PE-HD 在常温常压下的采出水及在 68°C , 0.8 MPa 下的采出油中的耐介质性能不能满足标准要求。

表 2 不同条件处理后试样的拉伸性能测试结果

牌号	实验条件	拉伸屈服强度 / MPa	拉伸屈服强度变化率 / %	拉伸强度 / MPa	拉伸强度变化率 / %	断裂伸长率 / %	断裂伸长率变化率 / %
JHMGC100GW	原始样	15.23	-	45.26	-	38.36	-
	大气静置	17.29	13.53	42.56	-5.97	46.25	20.57
	常温常压,采出油	14.45	-5.12	46.60	2.96	42.38	10.48
	常温常压,采出水	9.53	-37.43	48.30	6.72	43.18	12.57
	68°C , 0.8 MPa, 采出油	11.81	-22.46	38.75	-14.38	38.96	1.56
	68°C , 0.8 MPa, 采出水	15.02	-1.38	43.49	-3.91	41.50	8.19
DQDN3711	原始样	17.57	-	24.34	-	724.51	-
	大气静置	17.44	-0.74	23.06	-5.26	677.41	-6.50
	常温常压,采出油	16.98	-3.36	22.16	-8.96	676.55	-6.62
	常温常压,采出水	17.70	0.74	24.21	-0.53	720.91	-0.50
	68°C , 0.8 MPa, 采出油	16.50	-6.09	23.68	-2.71	743.70	2.65
	68°C , 0.8 MPa, 采出水	17.86	1.65	23.94	-1.64	712.06	-1.72

(2) 冲击性能。

不同条件处理后试样的简支梁缺口冲击强度见表 3。由表 3 可知,两种试样在不同条件下处理后的简支梁缺口冲击强度均有一定程度的降低,

其中, JHMGC100GW 牌号试样的简支梁缺口冲击强度在大气静置处理后降低率最大 (8.49%), 高于在 68°C , 0.8 MPa 下的采出油中处理后的降低率 (7.00%), 表明 JHMGC100GW 在大气中老化严

重;DQDN3711 牌号试样的简支梁缺口冲击强度在 68℃,0.8 MPa 下的采出油中处理后的降低率最大(22.74%),大气静置与常温常压条件下处理后的降低率相差不大(4.52%~4.87%)。DQDN3711 牌号试样的简支梁缺口冲击强度在 68℃,0.8 MPa 下的采出油中处理后下降严重。

表 3 不同条件处理后试样的简支梁缺口冲击强度测试结果

实验 条件	JHMG100GW		DQDN3711	
	简支梁缺口 冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	简支梁缺口 冲击强度 变化率 / %	简支梁缺口 冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	简支梁缺口 冲击强度 变化率 / %
原始样	123.26	-	111.59	-
大气静置	112.79	-8.49	106.55	-4.52
常温常压,采出油	119.80	-2.81	106.39	-4.66
常温常压,采出水	113.22	-8.15	106.16	-4.87
68℃, -0.8 MPa, 采出油	114.63	-7.00	86.21	-22.74
68℃ -0.8 MPa, 采出水	117.64	-4.56	90.21	-19.16

2.5 硬度分析

硬度可以反映材料抵抗弹 / 塑性变形的能力,不同条件处理后试样的硬度降低率如图 11 所示。

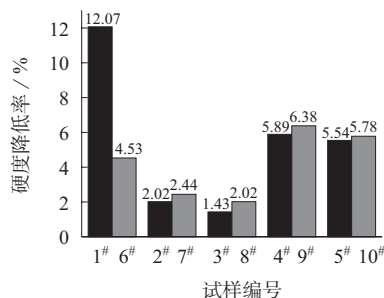


图 11 不同条件处理后试样的硬度降低率

由图 11 可以看出,在不同条件处理后,两种试样的硬度均降低,其中, JHMG100GW 牌号试样在大气中静置处理后发生老化,导致其硬度降低率最大(12.07%),大于集输介质渗透溶胀引起的硬度降低率;DQDN3711 牌号试样在 68℃,0.8 MPa 下的采出水中处理后的硬度降低率最大(6.38%)。介质渗透对硬度的影响随温度和压力升高而增大。总体上,在常温常压及 68℃,0.8 MPa 条件处理后, DQDN3711 硬度的降低率较 JHMG100GW 略大,两者降低趋势一致,说明两种试样在油田集输系统中的应用稳定性差别不大。

2.6 VST 分析

VST 是评价材料耐热性能、反映其热稳定性的重要指标。VST 越高,表明材料的耐热变形能力越好,刚性越强。

在 68℃,0.8MPa 条件下的采出油、采出水

中处理后, JHMG100GW 牌号试样的 VST 升高,原始试样的 VST 为 134.1℃,处理后均为 137.4℃;DQDN3711 牌号的原始试样的 VST 为 128.2℃,处理后试样的 VST 测试结果数值范围为(128.2±0.5)℃。其它实验条件下,两种牌号试样的 VST 均未发生明显变化,说明两种材料的耐热性能较好,高温、高压未对其热稳定性产生影响。

3 结论

(1) 两种国产 PE-HD 内衬试样在采出油、采出水浸泡过程中,介质可以渗入、扩散到材料内部。在 68℃,0.8 MPa 条件下的采出油中处理后, JHMG100GW, DQDN3711 牌号试样的介质渗透速率分别为 0.52,0.80 mm/a;在 68℃,0.8 MPa 条件下的采出水中处理后, JHMG100GW, DQDN3711 牌号试样的介质渗透速率分别为 1.40, 4.30 mm/a。

(2) 两种国产 PE-HD 试样在 68℃,0.8 MPa 下处理后老化现象明显,表面均产生裂纹, JHMG100GW 牌号试样的表面变得粗糙, DQDN3711 牌号试样的表面产生局部蚀坑。

(3) 在 68℃,0.8 MPa 条件下,两种国产 PE-HD 试样在采出油中处理后的质量增长率、体积增长率最大, JHMG100GW1 牌号试样的质量增长率为 6.29%,体积增长率为 9.55%;DQDN3711 牌号试样的质量增长率为 7.76%,体积增长率为 10.01%。

(4) 在 68℃,0.8 MPa 条件下的采出油、采出水处理后,两种试样的拉伸屈服强度、拉伸强度、简支梁缺口冲击强度、硬度都有所降低,耐热性能良好。从拉伸性能分析, DQDN3711 牌号试样在 68℃,0.8 MPa 下具有良好的集输介质相容性, JHMG100GW 牌号的 PE-HD 在常温常压下的采出水及在 68℃,0.8 MPa 下的采出油中的耐介质性能不满足标准要求。

(5) 光氧老化对 JHMG100GW 牌号试样的性能影响较大, DQDN3711 牌号试样的抗光氧老化能力更优。

参考文献

- [1] 董经天. 非金属管道在大庆油田工程防腐中的应用探讨[J]. 全面腐蚀控制, 2019, 33(2): 41-43.
Dong Jingtian. Application of nonmetal pipeline in engineering corrosion prevention of daqing oilfield[J]. Total Corrosion Control, 2019, 33(2): 41-43.
- [2] 贺三, 向栗林, 夏兴宇, 等. CO₂ 驱油下非金属管材耐蚀性能初步

- 评价[J]. 油气藏评价与开发, 2020, 10(3):86-91.
- He San, Xiang Sulin, Xia Xingyu, et al. Preliminary evaluation for corrosion resistance of non-metallic pipes by CO₂ flooding[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2020, 10(3):86-91.
- [3] 辜晟恩,孙晓. 非金属管道在国内管道集输系统的发展与应用[J]. 石化技术, 2017, 24(12):161.
- Gu Shengen, Sun Xiao. Development and application of non-metal pipeline in domestic pipeline gathering and transportation system[J]. Petrochemical Industry Technology, 2017, 24(12):161.
- [4] 许艳艳,葛鹏莉,肖雯雯,等. 塔河油田非金属管失效分析与评价体系的建立[J]. 石油与天然气化工, 2020, 49(4):78-82.
- Xu Yanyan, Ge Pengli, Xiao Wenwen, et al. Establishment of failure analysis and evaluation system for non-metallic pipes in Tahe oilfield[J]. Chemical Engineering of Oil & Gas, 2020, 49(4):78-82.
- [5] 魏斌,戚东涛,李厚补,等. 增强热塑性复合管在酸性环境下的耐腐蚀性能[J]. 天然气工业, 2015, 35(6):87-92.
- Wei Bin, Qi Dongtao, Li Houbo, et al. Corrosion resistance of reinforced thermoplastic pipes in a sour environment[J]. Natural Gas Industry, 2015, 35(6):87-92.
- [6] 齐国权,戚东涛,魏斌,等. 非金属管在酸性环境应用存在的问题[J]. 油气储运, 2015, 33(12):1 272-1 275.
- Qi Guoquan, Qi Dongtao, Wei Bin, et al. Problems in application of non-metallic pipes in acidic environment[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2015, 33(12):1 272-1 275.
- [7] 王大鹏,刘美苓,姜焕英,等. 油气产业用增强热塑性复合管研究进展[J]. 中国塑料, 2017, 31(7):16-22.
- Wang Dapeng, Liu Meiling, Jiang Huanying, et al. Research progresses reinforced thermoplastic composite pipes used for oil and gas industry[J]. China Plastics, 2017, 31(7):16-22.
- [8] 樊学华,祝亚男,于勇,等. 油气田管道HDPE内衬技术的应用[J]. 油气储运, 2021, 40(3):326-332.
- Fan Xuehua, Zhu Yanan, Yu Yong, et al. Application of HDPE lining technology for pipelines in oil and gas fields[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2021, 40(3):326-332.
- [9] Ghabeche W, Chaoui K, Zeghib N. Mechanical properties and surface roughness assessment of outer and inner HDPE pipe layers after exposure to toluene methanol mixture[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, 103:2 207-2 225.
- [10] 刘德俊,张阿昱,刘亚明,等. 增强热塑性塑料管材高温水浴老化性能研究[J]. 塑料工业, 2021, 49(1):98-101.
- Liu Dejun, Zhang Ayu, Liu Yaming, et al. Research on aging performance of reinforced thermoplastic pipe (RTP) in high temperature water bath[J]. China Plastics Industry, 2021, 49(1):98-101.
- [11] 刘青山,肖雯雯,葛鹏莉,等. 聚乙烯复合管在油田苛刻环境的适用性[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(10):122-128.
- Liu Qingshan, Xiao Wenwen, Ge Pengli, et al. Applicability of polyethylene composite pipe in harsh environment of oil field[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10):122-128.
- [12] Zhou Jiangfang, Chen Xuehong. Compatibility study of high-density polyethylene with ethanol-gasoline and biodiesel[J]. Journal of Elastomers & Plastics. 2021, 53(1).doi:10.1177/0095244319891206.
- [13] 蔡亮学,雷鸣,杜鑫,等. 油田常温集输环境下聚乙烯适用性研究[J]. 塑料工业, 2020, 48(11):100-104, 123.
- Cai Liangxue, Lei Ming, Du Xin, et al. Compatibility of polyethylene in oilfield gathering medium at room temperature[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(11):100-104, 123.
- [14] 徐广丽,田雨,牛振宇,等. 聚乙烯对油田加热集输工艺的适用性[J]. 塑料工业, 2021, 49(1):105-109, 153.
- Xu Guangli, Tian Yu, Niu Zhenyu, et al. Applicability of polyethylene to oil field heating gathering and transportation process[J]. China Plastics Industry, 2021, 49(1):105-109, 153.
- [15] 齐国权,戚东涛,李循迹,等. PET纤维增强柔性复合管耐高温性能实验[J]. 油气储运, 2015, 34(6):616-620.
- Qi Guoquan, Qi Dongtao, Li Xunji, et al. High temperature performance test of PET fiber-reinforced flexible composite pipe[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2015, 34(6):616-620.
- [16] 齐国权,吴寅,戚东涛,等. 芳纶纤维增强PE-RT管耐高温性能的试验研究[J]. 天然气工业, 2015, 35(8):87-92.
- Qi Guoquan, Wu Yin, Qi Dongtao, et al. Experimental study on the thermostable property of aramid fiber reinforced PE-RT pipes[J]. Natural Gas Industry, 2015, 35(8):87-92.
- [17] Wee J W, Choi B H. Stochastic study on effects of material and physical parameters on slow crack growth behaviors of HDPE using the crack layer theory[J]. International Journal of Solids and Structures, 2020, 195 :13-27.

本刊声明

近期有不法网站和个人假借本刊名义向广大读者征稿,同时收取高额注册费、审稿费。本刊特此声明:《工程塑料应用》为中国兵器工业集团第五三研究所(山东非金属材料研究所)主办,编辑部所在地为山东省济南市,本刊唯一合法投稿邮箱网址为 www.epa1973.net,本刊未委托任何机构和个人从事征稿和组稿业务。请广大作者牢记本刊投稿邮箱网址,辨别来电属地,不要给个人账户汇款,防止受骗。本刊保留对相关网站和个人追究法律责任的权利。

(工程塑料应用编辑部)