

油气田领域膨胀橡胶的膨胀性能研究

王伟,张杰

(浙江双箭橡胶股份有限公司,浙江 嘉兴 314513)

摘要:进行了油气田领域遇油膨胀橡胶[三元乙丙橡胶(EPDM)]和遇水膨胀橡胶[氢化丁腈橡胶(HNBR)]膨胀性能的研究。结果表明:温度对EPDM遇油膨胀橡胶和HNBR遇水膨胀橡胶的膨胀性能影响很大,温度越高,膨胀橡胶的膨胀尺寸越大;氯化钠溶液的质量分数越大,HNBR遇水膨胀橡胶的膨胀性能越差。EPDM遇油膨胀橡胶可在室温~200℃使用,HNBR遇水膨胀橡胶可在70~200℃使用,且HNBR遇水膨胀橡胶在氯化钠溶液质量分数0.2以上仍可使用。

关键词:膨胀橡胶;遇油膨胀;遇水膨胀;膨胀性能;油气田

中图分类号:TQ336.4⁺6 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-5448(2018)0-?-03

膨胀橡胶是近年来发展起来的功能高分子材料,已广泛应用于人防、地下室、污水处理工程、地铁、隧道、贮水池、水利以及其他混凝土工程的施工缝、伸缩缝和裂缝等领域,并大规模应用于石油和天然气开采作业中,作为自膨胀式封隔器材料起到越来越重要的作用^[1-2]。膨胀橡胶作为一种弹性橡胶材料,遇特定流体如油、水、油水混合物等逐渐膨胀而实现密封或封隔的作用,具有独特的弹性密封和吸收液体后膨胀密封的双重密封特性。

自膨胀式封隔器可以随完井管柱一同下入井内,到达指定位置后,封隔器在井筒内与液体(如钻井液、完井液、原油、水或油水混合物)接触并逐步膨胀,直到紧紧地贴在裸眼壁或套管内壁,从而密封油气井环空,使油气井或注水井分段封隔,实现油气田分段、分层生产和控制,是现代智能完井系统中必不可少的先进器件^[3]。

自膨胀式封隔器基本结构主要是按照生产需要选择钢质基管的长度和管径,将膨胀橡胶按设计要求的厚度和长度加工到基管上,再用挡环和接箍固定,如图1所示。

目前,膨胀橡胶及自膨胀式封隔器在国外已经得到突破发展并大规模应用于油田,尤其是美

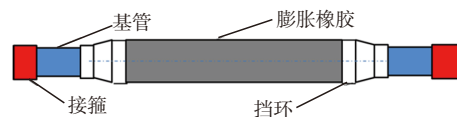


图1 自膨胀式封隔器的基本结构示意图

英等国家通过前瞻性的技术研究和应用试验,垄断了其相关先进技术和主要市场供应。但是进口自膨胀式封隔器价格昂贵,每只报价为4万~5万美元,严重影响了这类产品在我国的应用推广。我国已经开始自膨胀式封隔器的研发和应用,但技术水平处于初级阶段,产品种类、性能和应用经验与国外产品相比还有很大差距。

本工作进行了遇油和遇水膨胀橡胶的研制。

1 实验

1.1 原材料

橡胶、配合剂和化学试剂均为国产原材料。

1.2 胶料混炼

胶料采用密炼机和开炼机进行混炼。

1.3 性能测试

邵尔A型硬度测试按照GB/T 531.1—2008进行。拉伸性能测试按照GB/T 528—2009(等效采用ISO 37:2005)进行。撕裂强度按照ISO 34-1:2004测定。膨胀性能测试是将膨胀橡胶硫化到面积为5 cm×5 cm、厚度为3 mm的钢板上,胶层厚度为13 mm,然后将胶块浸入柴油或氯化钠溶液(装在密封罐内)中,测算在不同温度和时间下浸泡的胶块厚度、质量和硬度的变化。

作者简介:王伟(1962—),男,吉林市人,浙江双箭橡胶股份有限公司首席专家,博士,主要从事膨胀橡胶和橡胶输送带方面的研究。

E-mail:ww86@hotmail.com

2 结果与讨论

2.1 遇油膨胀橡胶

橡胶材料遇油膨胀是由于亲油的橡胶基质和添加物引起,其膨胀性能由橡胶基质材料和填料以及加工工艺所决定。油分子向橡胶材料内不断扩散、溶解和吸收,使橡胶材料的体积和质量逐渐增大。橡胶材料成分一定时,膨胀速度的主要影响因素是环境温度和油的性质,如油的组成及其相对分子质量等。温度越高、油的相对分子质量越小,遇油膨胀橡胶膨胀越快。由于膨胀密封后需要承受流体的压力,因此膨胀橡胶的膨胀性能、强度和硬度是其关键控制参数。

本课题开发出的可在室温 $\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 使用的性能良好的油气田领域遇油膨胀橡胶(配方:EPDM 100,吸油材料 25,炭黑N660 70,防老剂RD 2,硫化剂PDM 4,其他 15)的性能指标如下:密度 $1.09\text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$,邵尔A型硬度 $50\sim 60$ 度,拉伸强度 $8\sim 9\text{ MPa}$,拉断伸长率 $600\%\sim 700\%$,撕裂强度(新月形) $40\sim 45\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ 。

在0#柴油中该遇油膨胀橡胶的膨胀性能见图2。

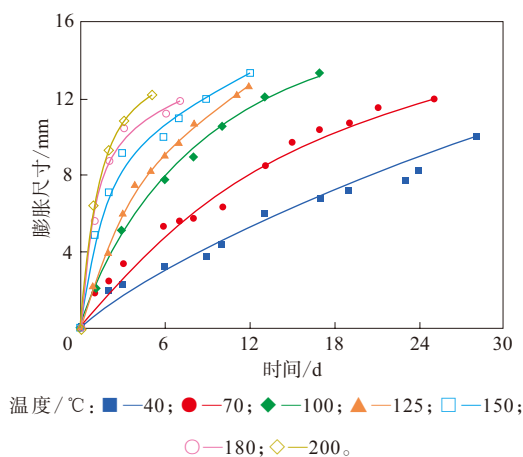


图2 EPDM遇油膨胀橡胶在0#柴油中不同温度下的膨胀性能

由图2可见:温度越高,遇油膨胀橡胶的膨胀越快,温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,28 d后厚度增大了78%,即达到10 mm;温度为 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,5 d后厚度就增大了92%,即达到12 mm。

该遇油膨胀橡胶在不同温度柴油中浸泡6 d后的膨胀性能如图3所示。由图3可见,随着温度的升高,遇油膨胀橡胶的膨胀尺寸增大。

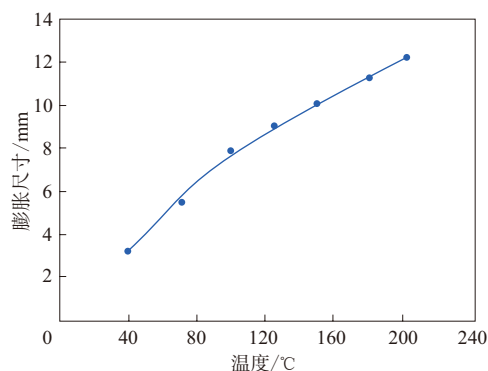


图3 EPDM遇油膨胀橡胶在不同温度0#柴油中浸泡6 d的膨胀性能

2.2 遇水膨胀橡胶

橡胶材料遇水膨胀是由于橡胶材料内部与环境之间的渗透压以及橡胶材料内加入的高吸水填料引起的。水分子由于渗透压和高吸水填料的作用向橡胶材料内不断扩散、溶解和吸收,使橡胶材料的体积和质量逐渐增大。橡胶材料成分一定时,膨胀速度的主要影响因素是环境温度、盐水的浓度以及盐的种类和成分。环境温度越高、盐水的浓度越小,遇水膨胀橡胶的膨胀越快。遇水膨胀橡胶的膨胀性能也是由橡胶基质材料和填料以及加工工艺所决定。

本课题开发出可以在 $70\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 使用的油气田领域遇水膨胀橡胶(配方:HNBR 100,吸水材料 60,陶土 10,炭黑N330 60,防老剂4010 2,硫化剂DCP 6,其他 25)的性能指标如下:密度 $1.322\text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$,邵尔A型硬度 $60\sim 70$ 度,拉伸强度 $11\sim 13\text{ MPa}$,拉断伸长率 $350\%\sim 450\%$,撕裂强度(新月形) $33\sim 38\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ 。

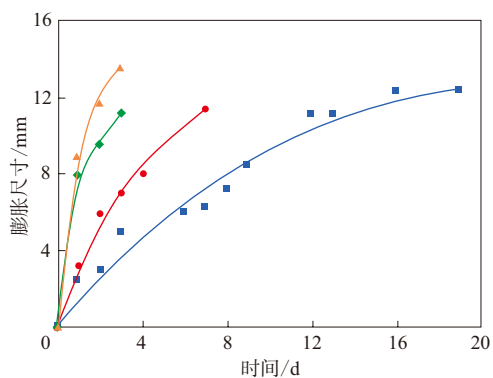
在氯化钠溶液中,该遇水膨胀橡胶在不同温度下的膨胀性能如图4所示。由图4可见,温度越高,遇水膨胀橡胶的膨胀越快。

该遇水膨胀橡胶在不同浓度氯化钠溶液中的膨胀性能如图5所示,在 $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的不同浓度氯化钠溶液中浸泡6 d的膨胀情况如图6所示。

由图5和6可见,氯化钠溶液的浓度越大,遇水膨胀橡胶的膨胀性能越差。

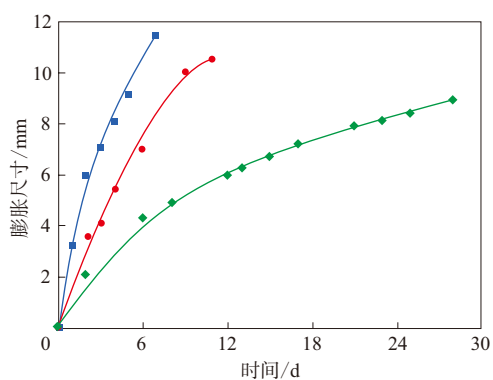
3 结语

自膨胀式封隔器在油气田领域正在越来越广



温度/°C: ■—100; ●—125; ◆—150; ▲—180。氯化钠质量分数为0.035。

图4 温度对HNBR遇水膨胀橡胶膨胀性能的影响



氯化钠溶液质量分数: ■—0.035; ●—0.07; ◆—0.20。试验温度为125 °C。

图5 HNBR遇水膨胀橡胶在不同浓度氯化钠溶液中的膨胀性能

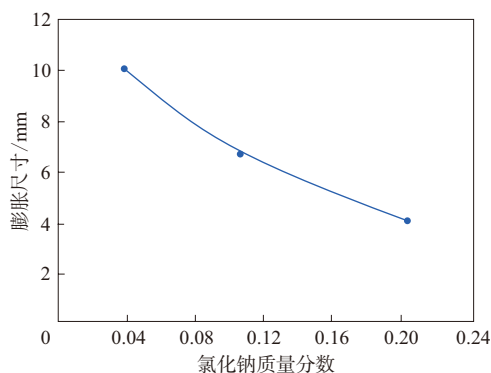


图6 HNBR遇水膨胀橡胶在125 °C的不同浓度氯化钠溶液中浸泡6 d的膨胀性能

泛地应用。本工作研发出了可在室温~200 °C使用的遇油膨胀橡胶以及在70~200 °C以上、氯化钠溶液质量分数0.2以上仍可使用的遇水膨胀橡胶。低温、高盐度以及油水都可膨胀的橡胶材料正在进一步研发中。

参考文献:

- [1] Seyger R, Resink S, Harms H, et al. The Future of Wellbore Elastomer: An Elastomer Manufacturer's View of Swelling Elastomer Development and Market Trends[J]. The Journal of Engineering Research, 2013, 10(1): 50-60.
- [2] 王楠. 供油田领域用的可膨胀弹性体的研究[J]. 橡胶弹性体工业, 2016, 40(2): 29-36.
- [3] 王兆会, 曲从锋. 遇油气膨胀封隔在智能完井系统中的应用[J]. 石油机械, 2009, 37(8): 96-98.

收稿日期: 2017-11-09