

一种新型可溶解桥塞的研究与应用

纪 松

(中国石化华东石油工程有限公司测井分公司,江苏 扬州 225000)

摘要:目前常规可溶复合桥塞已经成为分段压裂施工中临时封堵层段的有效工具,坐封后受井内温度和矿化度的影响,其封堵时间不超过 24 小时。为满足特殊井况的作业需求,研制一种新型可溶解桥塞,这种桥塞坐封后可应对长时间的修井作业施工,不会因温度和矿化度影响而失封,作业结束后可根据需要通过注液快速溶解,达到畅通井筒的目的。现场应用完全达到预期效果。

关键词:复合材料;桥塞;溶解性;可控制;坐封

中图分类号:TE93 **文献标志码:**A

Research and application of a new type of dissolvable bridge plug

Ji Song

(Logging Branch of Huadong Petroleum Engineering Co.Ltd, SINOPEC, Yangzhou 225000, China)

Abstract: Currently, the conventional dissolvable composite bridge plug has become an effective tool for temporarily plugging intervals in the staged fracturing construction. After setting, affected by the temperature and salinity in the well, the plugging seal time does not exceed 24 hours. In order to meet the operation requirements of special well conditions, a new type of dissolvable bridge plug was developed. After the bridge plug is set, it can cope with long-term workover operations without losing its seal due to the influence of temperature and salinity. After the operation is completed, the bridge plug can be quickly dissolved by special chemical liquid injection as needed to achieve the purpose of unblocking the wellbore. This new generation dissolvable bridge plug has been successfully used in multi-well operations.

Key words: complex material; bridge plug; dissolvability; controllable; plug setting

油田开发过程中,桥塞作为一种临时性的井下封堵工具被广泛应用,根据作业目的不同,桥塞会被取出、钻磨或溶解,以使井筒畅通^[1]。常规复合可溶解桥塞入井后,受井内温度和压井液矿化度的影响逐渐溶解,在井内坐封有效时间一般在 24 h 以内,无法满足特殊井况下长时间井筒作业的需求^[2]。因此,研发一种新型的可控制溶解的桥塞,既满足长时间坐封,又可快速溶解,以实现井筒畅通的目的。

1 新型可溶解复合桥塞的研究

选择三种热挤压成形的复合材料,分别对其力学性能、降解性能进行对比研究,最终确定新型桥塞的制作材料。

1.1 桥塞制作材料

复合材料桥塞主体为 Mg 合金,制备 A、B、C 三

种 Mg 合金材料进行对比(见表 1)。

表 1 Mg 合金材料各组分质量分数

类别	Zn	Zr	Cu	Ni	Mg
A 材料	6	1	0.5	0.4	92.1
B 材料	6	1	0.5	0.2	92.3
C 材料	6	1	0.2	0.2	92.6

复合材料加工采用电磁搅拌熔炼工艺,740℃精炼 2 h,680~700℃浇注,通过 4 000 t 挤压机慢速挤压成 Ø120 mm 的圆棒,最后经过机加工成为所需桥塞元件。圆棒半径中心位置取力学性能与溶解测试

收稿日期:2020-12-08;改回日期:2020-12-18。

作者简介:纪松(1971—),工程师,现主要从事油气田射孔技术研究
与产品研发工作。E-mail:jisong.oshd@sinopec.com。

试样,在室温作用下用万能拉伸机进行力学性能测试^[3],每种材料取3个试样,最后数据取平均值。

1.1.1 桥塞复合材料力学性能

室温条件下分别对材料A、B、C进行力学性能试验,研究抗拉强度、屈服强度与材料组分的关系^[4],三种材料室温力学性能曲线如图1所示,力学性能数据如表2所示。

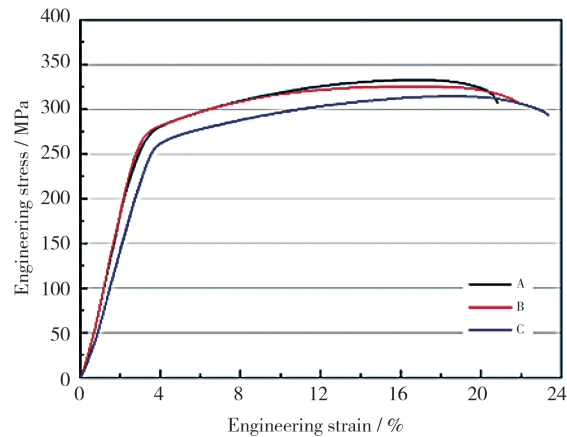


图1 三种合金的室温力学性能

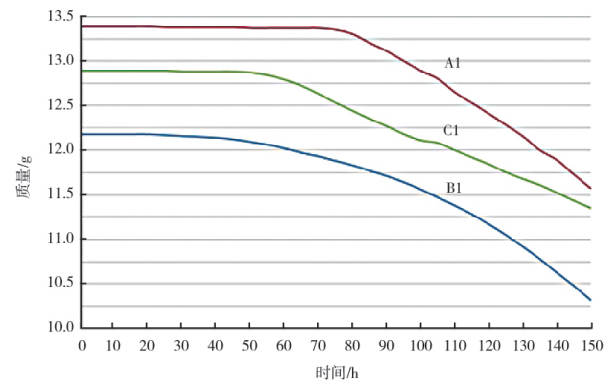
表2 不同成分合金的室温力学性能数据

类别	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	断后延伸率/%
A	330	270	15.6
B	321	272	16.5
C	318	261	18.2

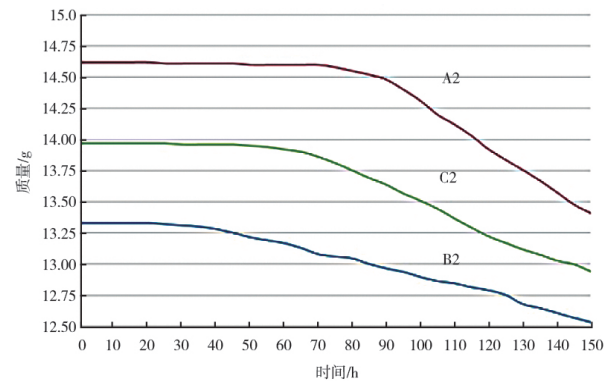
由图1和表2中可以看出,Cu含量的影响比Ni更为显著,随着Cu的增加,抗拉强度、屈服强度增加,伸长率均下降,而Ni变化时,抗拉强度、屈服强度和伸长率变化较小。细晶强化和析出强化是Mg合金强度提高的主要手段,由于Cu含量的增加,析出大量第二相,强化基体,强度增加。A材料相较于粉末冶金成形合金延伸率更好,加工成本更低。

1.1.2 桥塞复合材料溶解性能

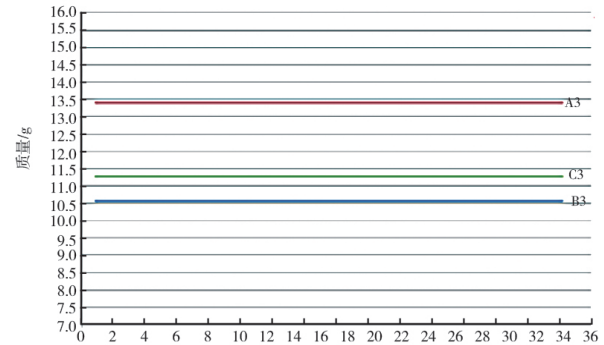
制备三种不同的溶液,Cl⁻质量浓度分别为为5 000 mg/L(溶液1)、15 000 mg/L(溶液2)、0 mg/L(即清水,溶液3);将A、B、C三种材料试样分别置入三种溶液,置入溶液1的试样定义为A1、B1、C1,置入溶液2的试样定义为A2、B2、C2,置入溶液3的试样定义为A3、B3、C3。在90℃下进行溶解测试(见图2),三种溶液中试样的平均溶解速率见表3。



a. Cl⁻质量浓度为5 000 mg/L



b. Cl⁻质量浓度为15 000 mg/L



c. Cl⁻质量浓度接近0

图2 各试样在不同质量浓度溶液中的溶解曲线

表3 试样在3种溶液中的溶解数据

试样	平均溶解速率/(g·h ⁻¹)	完全溶解时间/h
A1	0.38	75
B1	0.16	160
C1	0.11	265
A2	0.81	34
B2	0.41	64
C2	0.32	76
A3	0.01	—
B3	0.01	—
C3	0.01	—

从表3数据可以看出,溶液质量浓度对合金的溶解速率有明显的影响,Cl⁻质量浓度越高,溶解速度越快,在Cl⁻质量浓度为15 000 mg/L的溶液中溶解最快,而在清水中试样基本不溶解。溶解试验可以看出,不同合金组分对溶解速率有影响,Cu、Ni元素都是促进溶解速率的元素,Cu的影响较大。因此,可以通过调节Cu、Ni质量分数来调节溶解速度,同时也可调节材料的力学性能。

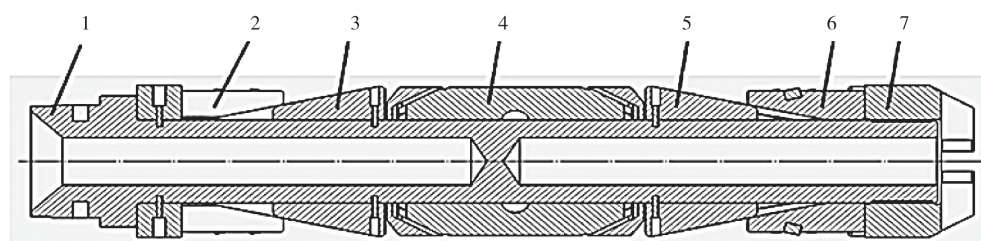
1.2 桥塞产品

根据上述研究对比,选定A为加工桥塞产品的

材料,既可达到所需抗拉强度和屈服强度,又能满足溶解条件可控的要求。

1.2.1 桥塞样品的设计及制作

桥塞主要由推筒套、卡瓦座、卡瓦、锥体、胶筒、导向密封头等组成(见图3)。坐封时,推筒套固定,紧紧顶住第一卡瓦座。上提拉杆,固定销被剪断,且带动压块上拉中心管上行,导向密封头随中心管上行压缩胶筒,同时推动第一卡瓦和第二卡瓦分运动,卡瓦外径扩大至套管内壁处,即与套管内壁接触咬合,此时桥塞固定在套管上完成坐封^[4-7]。



1.推筒套; 2.第一卡瓦座; 3.第一锥体; 4.胶筒; 5.第二锥体; 6.第二卡瓦座; 7.导向密封头

图3 桥塞结构

1.2.2 桥塞样品的压力试验

制成的桥塞样品适用于139.7 mm套管,坐封力17.8 t,采用贝克20#坐封工具进行坐封,测试环境为85℃的清水溶液^[5]。测试方案为坐封后分别从上端和下端打压35 MPa,测试稳压性能,如稳压正常,卸掉压力后在85℃清水中浸泡64 h,再分别从上下端打压35 MPa,测试稳压性能^[3](见表4)。

表4 桥塞样品承压测试数据

加压方式	加压值/MPa	压降/MPa	压降比/%
上端(0 h)	35.43	-1.18	-3.33
下端(0 h)	35.43	-1.20	-3.39
上端(64 h)	34.53	-1.16	-3.36
下端(64 h)	35.58	-1.06	-2.99

从压力下降数据可以看出,压降均保持在-5%以内,整个过程中压降比在允许范围内,压力不降无泄漏,地面承压试验合格,A材料制作的桥塞的各项指标均能达到设计要求。

2 现场应用

2.1 应用井况

C3P13井是一口水平井,人工井底3 065 m,套管内径124.3 mm,水平段从1 751.55 m开始造斜,井温在90℃左右,射孔井段2 773~3 025 m。该井2018

年4月作业时发现2 360.5~2 737 m破漏,由于破漏段较长,采用悬挂小套管工艺进行修井作业,在射孔段上部进行桥塞临时封堵,修井结束后对桥塞进行注液溶解^[6]。

2.2 应用效果

该井下入A材料制作的桥塞对射孔层段以上进行卡封,在桥塞以上进行悬挂小套管固井完井,保护了水平段射孔层。桥塞座封位置为2 700 m,锚定可靠,密封良好,最大工作压差45 MPa,在22天的修井施工期间性能稳定。作业结束后下入6 m³醋酸^[6],替代氯化钾溶液焖井助溶两天,桥塞即开始溶解、失封,桥塞溶解效果可控。溶解3天后进行抽吸出油,最高日产油达到11 t,桥塞密封性和溶解可控性达到预期效果。

3 结论

(1)制备了三种合金材料,经过实验研究,掌握了材料各组分的质量分数与合金的力学性能及溶解性能的关系,优选出A材料为制造桥塞的合金。

(2)研发的桥塞各项性能指标满足现场使用需要,操作简便,与传统桥塞坐封工具兼容,通用性好。

(3)该类桥塞可以根据现场井况灵活控制溶解条件,非常适合长期坐封井筒的作业,并可避免钻

塞的风险,降低费用。

参考文献:

[1] 王海东,王琦,李然,等.可溶桥塞与分簇射孔联作技术在页岩气水平井的应用[J].钻采工艺,2019,42(5):113-114.
[2] 逢仁德,崔莎莎,韩继勇,等.水平井连续油管钻磨桥塞工艺研究与应用[J].石油钻探技术,2016(1):57-62.
[3] 刘辉,王宇,严俊涛,等.可溶性桥塞性能测试系统研制与应用[J].石油机械,2018,46(10):83-86.

[4] 喻成刚,刘辉,李明,等.页岩气压裂用可溶性桥塞研制及性能评价[J].钻采工艺,2019,42(1):74-76.
[5] 李明,许定江,喻成刚,等.可溶性桥塞室内试验及页岩气现场应用研究[J].钻采工艺,2020,43(z1):103-107.
[6] 刘虎,徐兴海,刘望,等.可溶桥塞缓蚀助溶剂先导性试验与应用[J].天然气技术与经济,2019,13(6):46-50,61.
[7] 王林,平恩顺,张建华,等.可降解桥塞研制及其承压性能试验[J].石油机械,2017,45(2):64-67.

(编辑 韩 枫)

(上接第26页) [5] 郭帅,陈莹,杨海长,等.少井区基于地震属性聚类的沉积相分析方法——以白云凹陷始新统文昌组为例[J].海洋地质前沿,2018,34(5):P.48-P.55.
[6] 孔令辉,凌涛,叶青,等.地震相分析在沉积相研究中的应用[J].复杂油气藏,2019,12(2):36-40.
[7] 杨飞,秦喜林,刘媛媛,等.利用地震属性辅助进行沉积相研究——以松辽盆地临江南地区扶余油层为例[J].石油天然气学报,2014,36(3):69-71,87.
[8] 赵师权,胡少华,王玉珍,等.利用多信息融合技术表征复杂断块油藏沉积相[J].石油地球物理勘探,2018,53(z2):235-245.
[9] 姚宗全,于兴河,高阳,等.地震多属性拟合技术在粗粒扇体沉积相图编制中的应用——以玛131井区百口泉组二段为例[J].沉积学报,2017,35(2):371-382.
[10] 邱颖,孟庆武,李悌,等.神经网络用于岩性及岩相预测的可行性分析[J].地球物理学进展,2001,16(3):76-84.
[11] 张艳,张春雷,成育红,等.基于机器学习的多地震属

性沉积相分析[J].特种油气藏,2018,25(3):13-17.
[12] 王霞,汪关妹,刘东琴,等.地震体属性分析技术及应用[J].石油地球物理勘探,2012,47(S1):45-49,165,162.
[13] 胡英,陈辉,贺振华,等.基于地震纹理属性和模糊聚类划分地震相[J].石油地球物理勘探,2013,48(1):114-120.
[14] 雷英成.倾角扫描地震纹理对比度属性研究及应用[J].断块油气田,2011,18(4):465-468.
[15] 赵淑琴,顾国忠,韩宏伟,等.纹理属性在火山岩储层预测中的应用[J].石油地球物理勘探,2017,52(z1):152-155,168.
[16] 郑建雄,赵佳,连晓亮,等.利用纹理属性预测松辽盆地席状化河道砂[J].石油地球物理勘探,2017,52(z1):99-103.
[17] 吴昊.利用灰度共生矩阵提取纹理属性的研究以及沉积相划分[D].荆州:长江大学,2015.

(编辑 杨芝文)