提高胶粘剂粘接质量试验研究

郑洪光[1] 邹德荣[2]
（1. 杭州科安检测有限公司，杭州 310005；2. 江河公司，远安 444200）

摘要：为确保金属与以三元乙丙橡胶为基体材料的未硫化橡胶材料之间的粘接质量，提高三元乙丙橡胶材料硫化后的力学性能，试验了预热工艺、硫化模式和降温模式对性能的影响，完成了产品应用。试验结果表明，研发的工艺方法能够有序地释放和消除粘接过程中产生的结构应力，最终保证了三元乙丙橡胶材料结构的完整性和粘接界面不受到应力作用而被破坏，具有推广应用价值。

关键词：胶粘剂；粘接；工艺方法

Experimental Study on Improving Quality of Adhesive Bonding

Zheng Hongguang[1] Zou Derong[2]
（1. Hangzhou Ke-an Testing Co. Ltd. , Hangzhou 310005；2. Jianghe Company, Yuanan 444200）

Abstract：To ensure the bonding quality between the metal and material of the unvulcanized rubber with EPDM as the base material, and raise mechanical properties of vulcanized EPDM material, effects of preheating mode, vulcanization mode and cooling mode on performances were tested, and product application was completed. The test results show that, R&D process can orderly release and eliminate the bonding process resulting in structural stress, and ultimately guarantee structure integrity and bonding interface of EPDM material are not affected by stress and destroyed, and has popularization and application value.

Key words：adhesive；bonding；process

1 引言

胶粘剂的主要功能是将被粘接材料连接在一起。粘接的主要形式有两种：非结构型和结构型。在航空航天等行业的产品研制和生产中，常常应用粘接技术与胶粘剂[1, 2]。IN-501 胶粘剂是一种出色的热硫化型结构性胶粘剂，常用于金属与以三元乙丙橡胶为基体材料的未硫化橡胶材料之间的粘接。在硫化过程中，产生了多种化学反应，胶粘剂与金属之间，胶粘剂与三元乙丙橡胶材料之间，三元乙丙橡胶材料自身的硫化成型等。反应过程中发生吸热和放热，产生热应力，小分子溶剂的挥发，形成新的基团，交联形成新的结构，产生结构应力，多种应力的作用将影响界面的粘接以及三元乙丙橡胶材料硫化后的力学性能以及结构尺寸。因此，研究胶粘剂的硫化模式、优化硫化模式是非常重要的工作，本文将以某产品为牵引，对 IN-501 胶粘剂和金属与三元乙丙橡胶材料之间的粘接进行试验研究，以提高其粘接质量。

2 试验部分

2.1 主要原材料

IN-501 胶粘剂，工业级，济南非金属材料研究所。乙酸乙酯，化学纯，市采。三元乙丙橡胶材料，工业级，西北橡胶研究院提供。

2.2 试样制作

表面处理：对 45 钢试件喷砂处理后，用乙酸乙酯清洗干净，晾干后于 70℃温度下加热烘干。

搅拌：在使用之前必须充分搅拌 IN-501 胶粘剂，达到均匀混合后方可使用。

涂刷：将 IN-501 胶粘剂涂刷于 45 钢试件表面，待溶剂挥发后，将 2mm 厚的橡胶试样粘接在试件上，

作者简介：郑洪光（1970–），高级工程师，材料科学与工程专业；研究方向：界面及检测技术。
收稿日期：2012-07-09

保证试件的有效粘接面积为 25mm×25mm。

硫化：采用橡胶平板硫化机硫化。

同时制作三元乙丙橡胶材料本体材料试样，用于测试本体材料力学性能，硫化条件与粘接试件保持一致。

2.3 粘接性能测试

粘接性能以剪切强度和拉伸强度表征，测试方法和测试设备按照现行标准和通用设备。

3 试验结果与数据分析

3.1 预热工艺对粘接性能的影响

通过实践与理论分析，认为由于各种材料的初始温度不同，对反应有一定影响，通过预热保温，能够确保各种材料的温度基本一致，有利于后期的同步性，因此，进行了试验，测试结果见表 1。

表 1 预热模式对粘接性能影响的测试结果

粘接性能	未预热	（60±2）℃保温 1h	（60±2）℃保温 2h	（70±2）℃保温 1h
剪切强度/MPa	2.5	2.8	3.1	3.0
拉伸强度/MPa	2.3	2.5	2.9	2.8

表 1 的测试结果表明，通过预热保温，其粘接强度得到了提高。分析认为预热确保各种材料的温度基本一致，给反应基团提供了必要的能量，有利于反应的完善。同时，也反应出，预热温度不能够过高，过高会降低粘接强度，原因可能是部分反应开始进行了，破坏了反应的整体性。

3.2 升温速度对性能的影响

粘接是多种材料和多个界面同时进行的，由于各种材料的导热系数不一样，传热速度不一致，将影响反应的均匀性，因此，针对升温速度对性能的影响进行了试验，测试结果见表 2、表 3。

表 2 升温速度对粘接性能影响的测试结果

粘接性能	2℃/ min	4℃/ min	8℃/ min	15℃/ min
剪切强度/MPa	3.1	3.5	3.3	3.1
拉伸强度/MPa	2.9	3.4	3.1	2.8

表 2 的测试结果表明，随着升温速度的提高，粘接强度得到提升，当升温速度达到并超过 8℃/ min，粘接强度降低，显然，适度的升温速度可以保证材料之间温度的均匀性，有利于反应。而升温速度过快，会导致材料局部过热，反应不均衡，必然导致粘接强度的降低。

表 3 升温速度对本体性能的影响测试结果

本体性能	2℃/ min	4℃/ min	8℃/ min	15℃/ min
抗拉强度/MPa	4.5	4.8	4.7	4.6
延伸率/MPa	480	560	460	440

表 3 的测试结果同样表明，对于三元乙丙橡胶本体性能也存在如此规律。

3.3 硫化模式对性能的影响

通常的硫化模式是确定一个固定的硫化温度，适当地调整硫化时间，考虑到胶粘剂和三元乙丙橡胶的硫化点存在一定的差异，设计了阶梯式硫化模式，与固定式硫化模式进行了比较，其测试结果见表 4、表 5。

表 4 硫化模式对粘接性能影响的测试结果

粘接性能	（120±2）℃保温 4h	（155±2）℃保温 1h	（120±2）℃保温 2h，（155±2）℃保温 1h
剪切强度/MPa	3.5	3.7	4.6
拉伸强度/Mpa	3.4	3.6	4.4

表 4 的测试结果表明，固定式硫化模式的数据相对比较低，主要是材料的硫化点不一致，单一的硫化点只确保了局部材料的性能，而粘接是综合性，因此，必然会降低整体性能。阶梯式硫化模式则综合考虑各

个因素，比较全面，发挥了整体性能。

表 5 硫化模式对本体性能影响的测试结果

本体性能	（120±2）℃保温 4h	（155±2）℃保温 1h	（120±2）℃保温 2h，（155±2）℃保温 1h
抗拉强度/MPa	4.8	5.1	5.7
延伸率/MPa	560	620	660

表 5 的测试结果表明，对于三元乙丙橡胶材料，在（120±2）℃保温 2h，硫化反应基本完成，在（155±2）℃保温 1h，硫化反应完全，达到了性能的最佳点。

3.4 降温模式对性能的影响

降温分为自然降温和可控降温，自然降温比较简单，是惯用的技术手段，但是，粘接是多材料、多界面的，降温必然会产生一定结构应力，如果不有序地释放和消除结构应力，就不能确保三元乙丙橡胶材料结构的完整性和粘接界面不受到应力作用而被破坏。为此，进行了试验，测试结果见表 6、表 7。

表 6、表 7 的测试结果表明，通过程控降温，降温速度控制在 2℃/min，则可以有序地释放和消除结构应力，获得了良好的粘接强度和三元乙丙橡胶材料本体性能。

表 6 降温模式对粘接性能影响的测试结果

粘接性能	自然降温	程控降温	
		2℃/ min	8℃/ min
剪切强度/MPa	4.6	5.1	4.9
拉伸强度/MPa	4.4	4.9	4.8

表 7 降温模式对本体性能影响的测试结果

本体性能	自然降温	程控降温	
		2℃/ min	8℃/ min
抗拉强度/MPa	5.7	5.9	5.7
延伸率/MPa	660	690	670

3.5 综合优化模式

表 8 是对以上因素进行了综合，采用了综合优化模式后的粘接与本体性能的测试结果。

表 8 综合优化模式对粘接与本体性能测试结果

综合优化模式	预热模式	升温速度	硫化模式	降温模式
	（60±2）℃保温 2h	4℃/ min	（120±2）℃保温 2h，（155±2）℃保温 1h	2℃/ min
粘接性能				
抗拉强度/MPa	5.1			
延伸率/MPa	4.9			
本体性能				
抗拉强度/MPa	5.9			
延伸率/MPa	690			

表 8 的测试结果表明，结合了预热模式，控制升温速度，采用阶梯式硫化模式，程控降温后，对粘接与本体性能具有良好的作用。

4 应用

4.1 缩比产品中的应用

为了验证新型硫化工艺的可行性和可靠性，并没有直接在产品上进行应用，而是应用于该产品的缩比产品，进行了多次应用试验。采用无损检测设备完成了检测，并对粘接材料进行了剥离试验，结果表明，粘接界面非常可靠，粘接强度非常高，完全可以满足正式产品的应用。

4.2 正式产品中的应用

根据缩比产品的经验，完成 4 台正式产品的制作，采用无损检测设备完成了检测，粘接界面非常可靠。

5 结束语

以上试验结果和应用结果表明，金属与以三元乙丙橡胶为基体材料的未硫化橡胶材料之间的粘接过程中，采用了预热模式，控制升温速度，采用阶梯式硫化模式，程控降温后，能够完善反应，并有序地释放和消除粘接过程中产生的结构应力，对粘接与本体性能具有良好的作用，该模式可以在其他材料和物体的粘接进行推广应用。

参考文献

1 陈道义，张军营. 胶接基本原理[M]. 北京：北京科学出版社，1992. 24

2 陈耀庭. 橡胶加工工艺学[M]. 北京：化学工业出版社，1987. 85