

密炼机填充因数对混炼胶性能的影响

陈可娟, 邓 凯

(华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广东 广州 510640)

摘要:研究在四棱异步转子密炼机压砣压力、转子转速和冷却水温度不变的条件下,密炼机填充因数对天然橡胶(NR)和丁苯橡胶(SBR)两种配方混炼胶性能的影响。结果表明:填充因数与最大功率消耗为正线性关系,与炭黑分散度和硫化胶物理性能为非线性关系,在混炼过程中填充因数存在一个可使混炼效果较好的最佳值,对于 NR 和 SBR 配方,填充因数取 0.70~0.75 较佳;利用试验数据求出的回归方程预测准确率比较高,可以用于预测和分析密炼机混炼过程中胶料质量。

关键词:密炼机;填充因数;混炼;混炼胶;硫化胶;回归方程

中图分类号:TQ330.6⁺3;TQ332.6;TQ333.4 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-890X(2013)06-0371-04

填充因数是密炼机混炼时的工作容积与密炼室总容积之比,反映了密炼机一次加料量的大小,是混炼过程中十分重要的一个参数。填充因数取值大小不仅直接关系到密炼机的合理和正常使用^[1],还会影响最大功率消耗、胶料物理性能和炭黑分散度等指标^[2]。因此,研究填充因数对密炼机混炼性能的影响具有十分重要的意义。

本工作研究在四棱异步转子密炼机压砣压力、转子转速和冷却水温度不变的条件下,密炼机填充因数对天然橡胶(NR)和丁苯橡胶(SBR)两种配方混炼胶性能的影响。

1 实验

1.1 主要原材料

NR,SCR5,东莞万里行橡胶有限公司提供;SBR,牌号 1502,青岛利昌达橡塑有限公司提供;炭黑 N220,上海英昌商贸有限公司提供;硬脂酸,佛山市智正橡胶原料有限公司产品;氧化锌和环烷油,佛山市南海长劲化工有限公司产品。

1.2 基本配方

NR 配方:NR 100,炭黑 N220 53,氧化锌 4,硬脂酸 2,增塑剂 A 2,防老剂 RD 2,环

烷油 7,硫黄 1.7,促进剂 NS 0.8。

SBR 配方:SBR 100,炭黑 N220 53,氧化锌 4,硬脂酸 2,增塑剂 A 2,防老剂 RD 2,环烷油 7,硫黄 1.2,促进剂 NS 1.6。

1.3 主要设备和仪器

Banbury-1L 实验型密炼机(左右转子转速比为 1.19:1,转子转速为 0~90 r·min⁻¹,冷却水温度范围为 0~130℃,压砣最大压力为 1.0 MPa,主电机功率为 7.5 kW,转子构型为 Banbury 异步四棱,控制方式为电气控制,计算机采集)和 KLDZ-600 型平板硫化机,广州华工百川科技股份有限公司产品;GT-7080-S2 型门尼测试机,中国台湾高铁科技股份有限公司产品;邵尔 A 型硬度计和 CMT4104 型微机控制电子万能试验机,深圳市新三思材料检测有限公司产品;NikonYS100 型显微镜,江苏光学仪器厂产品。

1.4 试样制备

1.4.1 工艺条件

密炼机右转子的转速为 40 r·min⁻¹,压砣压力为 0.6 MPa,冷却水温度为 30℃,初始加工温度设定为 80℃(NR 配方)和 110℃(SBR 配方)。

1.4.2 填充因数

填充因数取值范围受配方、加工方法、工艺条件和转子构型等诸多因素的影响,一般为 0.55~0.85。结合实际条件,本试验选择填充因数为

作者简介:陈可娟(1954—),女,广西玉林人,华南理工大学教授,主要从事橡胶塑料机械结构、模具设计及加工机理方面的研究工作。

0.65,0.70,0.75 和 0.80。

1.4.3 混炼胶和硫化胶

混炼胶:加料顺序为生胶→氧化锌、硬脂酸、防老剂 RD 和增塑剂 A→炭黑→环烷油→排胶。

硫化胶:混炼胶在开炼机上出片,然后加入硫黄和促进剂混炼均匀,再在平板硫化机进行硫化,硫化条件为 143 ℃/50 MPa×5 min(NR 配方)和 143 ℃/50 MPa×10 min(SBR 配方)。

1.5 性能测试

门尼粘度按照 GB/T 1232.1—2000《未硫化橡胶 用圆盘剪切粘度计进行测定 第 1 部分:门尼粘度的测定》进行测试;定伸应力、拉伸强度和拉伸伸长率按照 GB/T 528—1998《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定》进行测试,拉伸速率为 500 mm·min⁻¹;撕裂强度按 GB/T 529—1999《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定(裤型、直角型和新月型试样)》进行测试,直角型试样,拉伸速率为 500 mm·min⁻¹。

2 结果与讨论

2.1 填充因数对混炼胶门尼粘度的影响

表 1 示出了填充因数对混炼胶门尼粘度 [ML(1+4)100 ℃]的影响。

从表1可以看出,随着填充因数的增大,两种配方胶料的门尼粘度均逐渐降低,填充因数每增大 0.5,门尼粘度降低 3%左右。从表 1 还可以看出,在同等工艺条件下 NR 配方门尼粘度比 SBR 配方高,说明 SBR 配方混炼场剪切区强度和混合分布能力均高于 NR 配方。

表 1 填充因数对混炼胶门尼粘度的影响

项 目	填充因数			
	0.65	0.70	0.75	0.80
NR 混炼胶				
试样 1	79.48	77.54	76.30	73.72
试样 2	79.73	77.89	76.89	74.47
平均值	79.61	77.72	76.60	74.10
SBR 混炼胶				
试样 1	68.83	67.55	65.68	62.15
试样 2	68.78	67.38	65.76	62.77
平均值	68.81	67.47	65.72	62.46

2.2 填充因数对硫化胶物理性能的影响

表 2 示出了填充因数对胶料混炼性能和硫化胶物理性能的影响。

表 2 填充因数对胶料混炼性能和硫化胶物理性能的影响

项 目	填充因数			
	0.65	0.70	0.75	0.80
NR 胶料				
最大功率消耗/W	2 230	2 510	2 724	3 110
炭黑分散度/级	8.5	8.6	8.6	8.4
邵尔 A 型硬度/度	65	66	68	67
弹性模量/MPa	6.0	6.1	6.2	5.8
300%定伸应力/MPa	11.07	11.78	11.46	10.43
拉伸强度/MPa	23.65	24.38	24.21	24.03
拉伸伸长率/%	510	514	508	506
拉伸永久变形/%	26	30	25	27
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	69	72	79	66
SBR 胶料				
最大功率消耗/W	3 000	3 230	3 381	3 425
炭黑分散度/级	8.3	8.4	8.5	8.4
邵尔 A 型硬度/度	59	61	60	58
弹性模量/MPa	4.8	5.0	4.5	4.1
300%定伸应力/MPa	10.00	10.68	9.87	9.32
拉伸强度/MPa	22.86	23.12	22.31	22.05
拉伸伸长率/%	541	552	565	560
拉伸永久变形/%	16	18	20	19
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	60	63	61	58

从表 2 可以看出,随着填充因数的增大,两种配方混炼胶最大功率消耗增大。这是因为随着填充因数的增大,混炼时加入的生胶和配合剂的总体积增大,被捏炼的物料增多,转子转矩增大,因而所消耗的最大功率增大。

炭黑分散度是衡量胶料质量及其成品性能好坏的重要指标,若炭黑分散不均匀,将严重影响胶料质量。从表 2 还可以看出,随着填充因数的增大,两种配方混炼胶炭黑分散度出现了峰值,即填充因数过大或过小,炭黑分散度都会降低,存在一个可使炭黑分散性能较好的最佳填充因数。这是因为填充因数过大,工作容量大,胶料量过多,易粘附在混炼室的内壁上,这部分胶料被排挤,新的胶料被塞进了转子凸棱尖端与混合室内壁间的区域,导致混炼不均匀,炭黑分散度降低;填充因数过小,则混炼室内的胶料不足,胶料不能充入转子凸棱尖端与混合室内壁间的区域,造成炭黑分散

度降低^[3]。尤其是 SBR 配方,填充因数超过 0.75 后最大功率消耗急剧上升,炭黑分散度反而降低,这种情况下混炼效果非常差。

两种配方硫化胶的物理性能随着填充因数的变化出现了峰值,即存在一个能够使硫化胶综合物理性能较好的最佳填充因数。这是因为当填充因数偏小时,密炼机工作容量相应较小,生产能力降低,胶料过少使胶料流动不连续,密炼机的性能得不到充分发挥,降低了转子对胶料的剪切力和捏炼作用;此外,由于胶料不足,压砣压力不能充分发挥作用,可能出现胶料打滑和转子空转现象,导致混炼不均匀,造成混炼胶质量降低和混炼时间延长。反之,填充因数偏大时,密炼机工作容量大,生产能力随之增大,但由于其他粉末配合剂疏松、密度小,在混炼刚开始时胶料和配合剂的总体积常常与密炼室容量接近甚至更大,因此填充因数过大时会使部分胶料不能参与混炼,不利于胶

料的翻转和捏炼,导致混炼困难,从而引起混炼胶质量降低^[4-6]。

综合分析可知,四棱异步转子密炼机在混炼过程中填充因数存在可使混炼效果较好的最佳值,对于 NR 和 SBR 配方,密炼机填充因数取 0.70~0.75 较佳。

2.3 回归分析

对试验数据进行回归分析,填充因数为自变量(x),9 个因变量(y)分别是最大功率消耗、炭黑分散度、邵尔 A 型硬度、弹性模量、300%定伸应力、拉伸强度、拉断伸长率、拉断永久变形和撕裂强度。由试验数据经运算得到 NR 和 SBR 胶料各因变量的回归方程如下:

$$y=A+Bx+Cx^2$$

回归方程系数如表 3 所示。利用回归方程求出各因变量的预测值,并与实测值进行对比,结果如表 4 所示。

表 3 回归方程系数

因变量	NR 回归方程系数			SBR 回归方程系数		
	A	B	C	A	B	C
最大功率消耗/W	-1 494.8	5 708	0	1 191.3	2 852	0
炭黑分散度/级	-6.715	42.9	-30	-2.63	29.8	-20
邵尔 A 型硬度/度	-39.97	278.2	-180	-167.775	641.5	-450
弹性模量/MPa	-19.375	71.5	-50	-23.02	81.84	-60
300%定伸应力/MPa	-76.482	247.82	-174	-50.17	172.65	-123
拉伸强度/MPa	-24.89	133.89	-91	-0.113	68.92	-52
拉断伸长率/%	222.1	834	-600	-383	2460	-1600
拉断永久变形/%	-74.6	286	-200	-154.45	457	-300
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	-761.6	2 316	-1 600	-241.4	854	-600

从表 4 可以看出:填充因数与最大功率消耗为正线性关系;与混炼胶炭黑分散度和硫化胶物理性能为非线性关系,随着填充因数的增大,混炼胶炭黑分散度和硫化胶物理性能均出现了峰值。从表 4 还可以看出,回归方程的预测准确率比较高,仅 NR 配方在填充因数为 0.75 时硫化胶的拉断永久变形相对误差超过 9%,其余预测值的相对误差均没有超过 5%,说明采用该回归方程可以比较准确地预测和分析密炼机混炼过程中胶料质量,对实际工程和生产有一定的指导作用。

3 结论

(1)四棱异步转子密炼机填充因数与最大功

率消耗为正线性关系,与混炼胶炭黑分散度和硫化胶物理性能为非线性关系;在混炼过程中填充因数存在一个可使混炼效果较好的最佳值,对于 NR 和 SBR 配方,填充因数取 0.70~0.75 较佳。

(2)利用试验数据求出的回归方程的预测准确率比较高,可以用于预测和分析密炼机混炼过程中胶料质量,对实际工程和生产有一定的指导作用。

参考文献:

[1] 阮水荣. 密炼机填充因数及其应用[J]. 特种橡胶制品,1993,14(3):50.
[2] 陈国栋,汪传生,满敬国,等. 填充因数对同步转子密炼机混炼性能的影响[J]. 特种橡胶制品,2009,30(1):51-54.

表 4 回归方程预测值与实测值对比

项 目	填充因数				项 目	填充因数			
	0.65	0.70	0.75	0.80		0.65	0.70	0.75	0.80
NR 胶料					SBR 胶料				
最大功率消耗/W					最大功率消耗/W				
预测值	2 215	2 501	2 786	3 072	预测值	3 045	3 188	3 330	3 473
实测值	2 230	2 510	2 724	3 110	实测值	3 000	3 230	3 381	3 425
相对误差/%	-0.65	-0.35	2.27	-1.22	相对误差/%	1.50	-1.30	-1.50	1.40
炭黑分散度/级					炭黑分散度/级				
预测值	8.495	8.615	8.585	8.405	预测值	8.29	8.43	8.47	8.41
实测值	8.5	8.6	8.6	8.4	实测值	8.3	8.4	8.5	8.4
相对误差/%	-0.06	0.17	0.17	0.06	相对误差/%	-0.12	0.36	-0.35	0.12
邵尔 A 型硬度/度					邵尔 A 型硬度/度				
预测值	64.81	66.57	67.43	67.39	预测值	59.08	60.78	60.23	57.43
实测值	65	66	68	67	实测值	59	61	60	58
相对误差/%	-0.30	0.86	-0.84	0.28	相对误差/%	0.14	-0.36	0.38	-0.12
弹性模量/MPa					弹性模量/MPa				
预测值	5.975	6.175	6.125	5.825	预测值	4.827	4.869	4.611	4.053
实测值	6.0	6.1	6.2	5.8	实测值	4.8	4.95	4.53	4.08
相对误差/%	-0.42	1.20	-1.20	0.40	相对误差/%	0.50	-1.60	1.78	-0.66
300%定伸应力/MPa					300%定伸应力/MPa				
预测值	11.09	11.73	11.51	10.41	预测值	10.09	10.42	10.13	9.23
实测值	11.07	11.78	11.46	10.43	实测值	10.00	10.68	9.87	9.32
相对误差/%	0.18	-0.42	0.44	-0.19	相对误差/%	0.90	-2.40	2.60	-0.97
拉伸强度/MPa					拉伸强度/MPa				
预测值	23.69	24.24	24.34	23.98	预测值	22.72	22.65	22.33	21.74
实测值	23.65	24.38	24.21	24.03	实测值	22.86	23.12	22.31	22.05
相对误差/%	0.17	-0.56	0.54	-0.21	相对误差/%	-0.61	-2.03	0.09	-1.40
拉断伸长率/%					拉断伸长率/%				
预测值	510.7	511.9	510.1	505.3	预测值	540	555	562	561
实测值	510	514	508	506	实测值	541	552	565	560
相对误差/%	0.13	-0.41	0.41	-1.4	相对误差/%	-0.18	0.54	-0.53	0.18
拉断永久变形/%					拉断永久变形/%				
预测值	26.8	27.6	27.4	26.2	预测值	15.85	18.45	19.55	19.15
实测值	26	30	25	27	实测值	16	18	20	19
相对误差/%	3.10	-8.00	9.60	-3.00	相对误差/%	-0.94	2.50	-2.25	0.79
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)					撕裂强度/(kN·m ⁻¹)				
预测值	68	76	75	67	预测值	60	62	62	58
实测值	69	72	79	66	实测值	60	63	61	58
相对误差/%	-1.45	5.56	-5.06	1.52	相对误差/%	0	-1.61	1.61	0

[3] 占部诚亮.密炼机混炼的填充率[J].黄国忠,译.橡胶译丛,1992(6):62.

[4] 占部诚亮.关于密炼机的放大[J].聚合物之友,1982(11):48-59.

[5] 汪传生.同步转子密炼机混炼橡胶原理的理论和实验研究[D].北京:北京化工大学,2000.

[6] 张海,赵素合,安宏夫,等.橡胶及塑料加工工艺[M].北京:化学工业出版社,1996:189-190.

收稿日期:2012-12-15

新型阻燃抑烟多功能添加剂受欢迎

中图分类号:TQ330.38⁺7 文献标志码:D

青岛华舜工贸有限公司工业化批量生产的低水硼酸镁和低水硼酸铝系列新型阻燃抑烟多功能添加剂近来受到用户好评。低水硼酸镁和低水硼酸铝具有很好的阻燃抑烟、热稳定性、成炭性、抑

制阴燃和防止生成熔滴等多种功效,与硼酸锌相比密度较小、价格较低,又具有与硼酸锌相同的阻燃抑烟机理,主要适用于聚烯烃、聚氯乙烯、橡胶、弹性体、环氧树脂、不饱和树脂、聚氨酯等的阻燃抑烟改性。

(青岛华舜工贸有限公司 张治华)