



氟橡胶

应·用·技·术

蔡树铭 梁星宇 蔡洪志 编著



化学工业出版社



氟橡胶 应·用·技·术

蔡树铭 梁星宇 蔡洪志 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

氟橡胶是一种新型特种合成橡胶,具有比普通橡胶更优异的耐高温、耐油、耐化学腐蚀性能,在航空、航天、汽车、石油、化工、交通等行业有着非常广泛的应用前景。本书主要介绍了不同品种氟橡胶的结构和性能,氟橡胶的配合技术、并用技术、加工工艺,同时还详述了其应用及配方实例。

本书可作为氟橡胶合成、制品加工、生产管理及产品销售等行业从业人员的实用性参考书,同时也可供其他橡胶材料研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

氟橡胶应用技术/蔡树铭,梁星宇,蔡洪志编著. —北京:化学工业出版社,2008.5
ISBN 978-7-122-02619-4

I. 氟… II. ①蔡…②梁…③蔡… III. 氟橡胶-研究
IV. TQ333.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 052434 号

责任编辑:李晓文 赵卫娟
责任校对:吴 静

文字编辑:徐雪华
装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张8½ 字数242千字

2009年1月北京第1版第1次印刷

图书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

氟橡胶是一种多用途的特种橡胶，它广泛用于航天、航空、汽车、石油、化工、机械、交通以及家电等领域，已得到许多行业的认可，是一种耐高温、耐油、耐化学腐蚀的优良弹性体。到目前为止，世界上仅有美国、日本、意大利、德国、比利时、中国和俄罗斯等少数国家能生产，其生产能力近 40000t。我国经过多年努力，已有 3 家公司能生产氟橡胶，每年有 3000t 的产量。据国外报道，氟橡胶的总产量 65% 用于汽车工业的生产。汽车工业的飞速发展，对氟橡胶的需求量也与日俱增，使氟橡胶的发展前景更加广阔。《氟橡胶应用技术》的编写，试图在国内外氟橡胶迅速发展的新形势下，能引起氟橡胶的加工和应用同行的关注，共同为完善氟橡胶的加工应用技术而工作，使其得到健康的发展。

全书分成 7 章，第 1 章绪论，由蔡树铭执笔；第 2 章、第 3 章氟橡胶的品种与性能、氟橡胶的配合，由蔡树铭、梁星宇共同编写；第 4 章氟橡胶的加工，由蔡洪志和梁星宇共同编写；第 5 章氟橡胶的并用技术，由梁星宇编写；第 6 章、第 7 章氟橡胶的应用技术、氟橡胶的配方实例由蔡树铭编写。

本书写作过程中，参照了国外的最新报道和大量的新型氟橡胶助剂，因作者的能力和水平有限，书中存在不当之处，敬请读者见谅，并加以指正。

本书的编写得到辽宁省铁岭橡胶工业研究设计院领导的重视，上海华明橡塑制品厂和日本大金公司给予了热情支持，写作和收集材料得到了中蓝晨光化工研究院、上海 3F 公司、江苏梅兰化工集团有限公司、洛德公司、杜邦公司和 3M 公司等的支持和帮助，借此表示深深的感谢。

编者
2008 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 国外氟橡胶的技术进展	1
1.2 国内氟橡胶的技术进展	10
1.2.1 氟橡胶的开发	10
1.2.2 存在问题和解决办法	11
第 2 章 氟橡胶的品种与性能	14
2.1 26 型氟橡胶	14
2.1.1 品种	14
2.1.2 结构与性能	18
2.2 23 型氟橡胶	27
2.3 四丙氟橡胶	28
2.4 Viton GLT	32
2.5 氟化磷腈橡胶	34
2.5.1 品种与性能	34
2.5.2 配合和加工	36
2.6 亚硝基氟橡胶	37
2.6.1 品种与性能	38
2.6.2 配合	40
2.6.3 加工工艺	41
2.7 全氟醚橡胶	42
2.7.1 品种	42
2.7.2 加工	43
2.7.3 性能	44
第 3 章 氟橡胶的配合	47
3.1 生胶的选择	47

3.2	硫化体系	47
3.3	吸酸剂	50
3.4	硫化剂	52
3.5	促进剂和共硫化剂	54
3.6	补强填充剂	55
3.7	加工助剂	59
3.8	配方的对比试验	61
3.9	配方举例	67
第4章	氟橡胶的加工	75
4.1	混炼	75
4.2	压出和压延	76
4.3	胶浆和涂胶	78
4.4	硫化	80
4.4.1	模压制品的硫化	80
4.4.2	压出及其他制品的低压硫化	84
4.5	密封剂(俗称腻子)的制造	85
4.5.1	嵌填型密封剂	85
4.5.2	注模型密封剂	87
4.6	黏合	88
4.6.1	氟橡胶与金属的黏合	88
4.6.2	氟橡胶与非金属的黏合	92
4.7	氟橡胶的再生	97
4.7.1	化学法	97
4.7.2	机械法	98
第5章	氟橡胶的并用技术	101
5.1	与丙烯酸酯橡胶并用	101
5.1.1	相容性	101
5.1.2	基本配合	101
5.1.3	并用实例	106
5.2	与丁腈橡胶并用	117

5.2.1	相容性和并用相结构	117
5.2.2	基本配合	118
5.2.3	性能与配合	120
5.3	与乙丙橡胶并用	124
5.3.1	相容性	124
5.3.2	基本配合	126
5.3.3	并用实例	128
5.4	与异戊橡胶并用	145
5.4.1	相容性和相结构	145
5.4.2	基本配合	147
5.4.3	并用工艺	149
5.4.4	FPM/IR 动态硫化前并用胶	150
5.5	与硅橡胶并用	152
5.6	与氟硅橡胶并用	157
第 6 章	氟橡胶应用技术	160
6.1	氟橡胶在汽车工业的应用	160
6.1.1	日本大金公司氟橡胶应用	161
6.1.2	美国杜邦公司氟橡胶应用	163
6.1.3	美国 3M 公司氟橡胶应用	165
6.2	氟橡胶在防腐方面的应用	167
6.3	氟橡胶在航空、航天和真空方面的应用	170
6.4	氟橡胶用于夹布制品的加工	172
6.4.1	特殊用途的弹性控制元件	172
6.4.2	高温高压的夹布胶圈	172
6.4.3	氟橡胶胶浆的配制	172
6.5	氟橡胶在家用电器中的应用	173
6.6	氟橡胶的其他用途	173
第 7 章	氟橡胶的配方实例	176
7.1	低硬度氟橡胶配方	176
7.2	高硬度氟橡胶配方	181

7.3	低压缩变形氟橡胶配方	186
7.4	耐介质氟橡胶配方	191
7.5	汽车工业使用的氟橡胶配方	206
7.6	其他用途的氟橡胶配方	231
附录	氟橡胶的腐蚀数据	245

参考文献	259
------------	-----

第1章 绪论

氟橡胶是主链或侧链上的碳原子上接有电负性极强的氟原子的一种合成弹性体。由于 C—F 键能大 (485kJ/mol)，而且氟原子共价半径为 0.064nm，相当于 C—C 键长的一半，因此氟原子可以把 C—C 主链很好地屏蔽起来，保证了 C—C 链的稳定性，使它具有其他橡胶不可比拟的优异性能，如耐油、耐化学药品性，良好的物理机械性能以及耐候性、电绝缘性和抗辐射性等。在航天、航空、汽车、石油和家用电器等领域得到了广泛应用，是国防尖端工业中无法替代的关键材料。

氟橡胶可分为含氟烯烃类氟橡胶，包括偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物、偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物、偏氟乙烯-四氟乙烯-六氟丙烯三元共聚物、偏氟乙烯-五氟丙烯共聚物、偏氟乙烯-四氟乙烯-五氟丙烯三元共聚物、四氟乙烯-丙烯共聚物。目前，最常用和产量最大的品种主要是偏氟乙烯类氟橡胶，其次是全氟醚橡胶。

1.1 国外氟橡胶的技术进展

氟橡胶是为适应航空、航天技术需要而开发的。自从 1943 年以来，先后开发出聚烯烃类氟橡胶、亚硝基氟橡胶、四丙氟橡胶、磷腈氟橡胶以及全氟醚橡胶等品种。

目前，世界上氟橡胶的生产厂家有美国的 Du Pont 公司、美国的 3M 公司、日本的大金公司、意大利的 Montefluos 公司和比利时苏威公司等。

国外在氟橡胶的合成上进行了大量的工作，先后开发了许多新

品级的氟橡胶，使氟橡胶适用各种产品的实际需求。美国杜邦公司开发 Viton A-HV, Viton E-60, 用于垫片、O 形圈和油封的生产; Viton E-430 用于旋切垫片等复杂零件; Viton 970 用于液压系统密封件, Viton GF 用于耐液体介质上; Viton GLT 用于低温柔性环境等。美国 3M 公司发展 24 个品级, 有压缩永久变形小, 而且硫化速度快的品级, 如 2170、2173、2174、2179 和 2180, 可用于 O 形圈及垫圈, 撕裂强度高的高门尼黏度和高门尼黏度的胶料等。3M 公司的 Fx11818, 具有低温柔性, 耐航空燃料、酸性汽油和加醇汽油。意大利 Montefluos 公司的 Tecnoflon P819N, 含氟量达 70%, 具有极佳的耐化学介质性能, 适于制造轴封、O 形圈等密封制品。

磷腈氟橡胶的含氟量为 30%~40%, 尽管它的氟含量低, 但是, 它对许多介质具有足够的耐化学能力, 它还具有优异的低温柔性。使用温度可在 -54~230℃。它是 (Firestone) 费尔斯通公司的产品, 牌号为 PNF。其拉伸强度为 7~14MPa。

20 世纪 70 年代, 美国杜邦公司开发成功氟弹性体 Kalrez, 在国外称为耐久性氟橡胶, 即全氟醚橡胶。日本大金公司和原苏联有此产品, 商品分别为ハ^oィアロ和 CKΦ-460。这种橡胶具有聚四氟乙烯的耐热、耐化学稳定性水平, 能耐氟溶剂以外的一切溶剂。在接触 265℃ 过热蒸汽时, 具有长达一年的寿命; 在碱液中能使用 3000h。用全氟醚橡胶加工的密封制品可在 260~290℃ 长期使用。在 288℃ 下长期使用, 并保持弹性; 在间断使用下, 它可以达到 315℃ 的高温。比利时苏威公司生产的 PFR95HT 全氟醚橡胶最高使用温度为 320℃。总之全氟醚橡胶是目前耐热性最好的氟橡胶。

1982 年, 日本大金公司研制成功不需要硫化的热塑性氟橡胶, 属嵌段共聚物。有微观多相结构形状, 其分子链中, 既有硬的链段, 呈树脂相; 又具有软的链段, 呈橡胶相, 在一般的情况下, 材料显示出氟橡胶的弹性和氟树脂优良耐介质性能; 在加热情况下, 材料可以像热塑性塑料那样熔融, 进行挤出、注射、模压加工。

日本信越公司开发液体氟弹性体 (SHIN-ETSV SIFEL 系列)

并已经商品化。这是一种主链含有全氟醚结构，可以在 150°C 加工，并具有优良耐油、耐溶剂、耐低温性能（在 -40°C 下仍具有弹性）的氟橡胶。

日本住友-3M 公司推出了三种耐甲醇、氨及醇类的高含氟聚合物——Fluorel 三元聚合型氟橡胶：FT-2350、FT-2481 和 FT-2690。它是偏氟乙烯、六氟丙烯和四氟乙烯共聚物，具有良好的加工性能，经长时间老化后，仍保持稳定的扯断伸长率和各种机械强度，适于制造机械、化工设备的密封件。

Aflas-美国 Exxon 公司生产了一种具有四氟乙烯-丙烯共聚物化学结构的新型氟橡胶。其技术特点是在热和腐蚀性环境中，能提高工作温度极限并延长工作寿命，可用于制造包括密封件在内的各种密封制品。日本旭硝子公司和日本合成橡胶公司开发了 Aflas 100H 和 100S（高分子量品级，适用于模压密封制品）、150P（通用）、150E（低黏度品级，适用于挤出、压延制品）和 150L（最低黏度品级，用于衬里）。近年来它们又共同开发了 Aflas 系列产品，如 Aflas200，可用于轴封、密封圈、O 形圈、气门嘴密封圈、隔膜、耐腐蚀衬里等产品。

日本大金公司 1988 年新推出两种新型氟橡胶：DAI-EL G-1001 和 G-555。G-1001 是可以用过氧化物硫化的耐溶剂性良好的高含氟橡胶，对含酮类、卤素的溶剂及苯/甲苯/二甲苯混合液具有高稳定性，耐甲醇汽油性能良好。在加工性上具有硫化速度快、硫化时间短、型腔流动性和挤出性均好的特点。可用来加工钢铁工业用的耐溶剂洗涤辊、化学工业的挠性管接头、热交换器的密封材料、泵部件、O 形圈、燃料电池密封件等。

G-555 是耐含醇汽油性和低温特性综合平衡的氟橡胶品级。在加工上具有良好挤出性、口型膨胀性、焦烧安全性、型腔流动性等特点。适合于加工汽车燃料管、排气管，也可以挤出胶绳、胶条或胶片，硫化后再进行裁断、粘接成大型 O 形圈及衬垫。

Kel-F 是美国 3M 公司生产的一种高分子量的三氟氯乙烯-偏氟乙烯弹性体，具有耐高温和对强氧化剂、强无机酸及对高温油的化学稳定性。Kel-F 氟弹性体可用常规加工设备混炼、模压和硫化加工，制成高强度的硫化胶，可用六次甲基二氨基甲酸酯或有机过氧

化物进行硫化。在氧化剂和强酸中使用时,推荐用 Kel-F3700 过氧化物硫化胶;在极强氧化剂,如红色发烟硝酸中使用时,推荐用 Kel-F 氟弹性体和 Kel-F800 树脂并用胶料。

在 20 世纪末,美国杜邦公司推出 3 种过氧化物硫化的 Viton 氟橡胶和两种适用于汽车工业、能满足耐燃油要求的新品级氟橡胶。

过氧化物硫化的 3 种新品级如下。

- ① GF205NP: 不需二段硫化,可降低成本;
- ② GBL205LF: 不用氧化铅配合,具有极好的耐蒸汽和耐酸性;
- ③ GF-300: 可改善胶料的加工性能,且具有宽范围的耐燃油性。

两种新的耐汽车燃油的氟橡胶品级是 GBLT-201 和 GBLT-601。它们是替代现有品级的理想选择,不但成本低,而且可在 -40°C 下提供可靠密封品级的氟橡胶。

在 TRC'97 国际橡胶展期间推出的新一代 Tecnoflon 氟弹性体品级如下。

- ① 不需二段硫化的氟弹性体: Tecnoflon P757 和 P959,均用过氧化物硫化。
- ② 耐寒品级 Tecnoflon PTLV 和 PT710,都可用过氧化物硫化。
- ③ 注射模塑品级: Tecnoflon FOR435 和 436。该两品级均适用于自动化程度高的加工工艺和设备,可以大量生产注塑和模压大制品。其中 FOR435 改善了脱模及焦烧性能,并且提高了高温下的硫化速度。

进入 21 世纪之后,氟橡胶的开发工作还是十分活跃。克里科技公司 (Cri-Tech) 新生产的氟橡胶非常适合制造医疗器材。这种食品级的氟橡胶原材料具有良好的耐化学药品性,而且耐屈挠疲劳、电绝缘和耐高温性能良好。

Dynecm 公司推出一种名为 MIP 8640X 氟弹性体。这种弹性体的硫化速度较快,用途更广泛。尽管它的黏度较高,但它容易注射成型。这是因为这种材料不仅能提高脱模性能,也能提高胶料挤出

速度。其成品具有比较光滑的高质量表面、良好的耐撕裂性能以及优异的尺寸稳定性和低的压缩永久变形。

2004 年杜邦·道尔开发了新的氟橡胶品种 CBLT-S, 在 M-85 燃油和甲醇中, 这种新品种的氟橡胶的体积溶胀获得巨大改善, 即在 230℃ 下浸泡一周后, 体积溶胀小于 20% (而过去的 CBLT 的溶胀为 40%), 可用于燃油管线密封件。

还有一个品级是 CF-S, 具有更好的耐氧化、耐燃油和生物柴油的性能, 具有更好的压缩永久变形性能和更低的渗透性, 从而减少尾气的排放。

2004 年北京国际汽车展, 汽车相关行业纷纷推出与汽车相关的新产品和新技术。大金公司推出的新产品是大金氟橡胶 DAI-EL G-7000 系列。这是该公司通过采用与原有氟橡胶产品不同的新聚合方法, 开发出密封性和流动性兼备的新一代氟橡胶产品。该系列产品具有优越的流动性, 适用于注射成型, 还具有和原有的用于模压成型的中黏度产品同等的密封性。

G-7000 系列是以偏氟乙烯和六氟丙烯共聚物为原料的双酚类硫化型氟橡胶, 对原有 G-700 系列进行了较大改进。针对提高流动性、密封性、两者均衡性等各种需要, 目前已开发出 4 种品级。其中, G-7201 是最适合注射成型的低黏度品级, 具有大范围的剪切速率, 并显示出优越的流动性; G-7211 改良了 G-7201 的混炼加工性能, 适用于注射成型; G-7401 具有与原有 G-716 相同的黏度, 并提高了耐热性能, 且密封持久性也提高了 1.5 倍以上; G-7801 在 200℃×70h 条件下, 压缩永久变形在 10% 以下, 在同类氟橡胶产品中在耐热性和密封性最好。表 1-1 和表 1-2 分别给出了预混胶的物理特性以及标准配方。

表 1-1 预混胶的物理特性

性 能	G7201	G7211	G7401	G7801
密度/(g/cm ³)	1.81	1.81	1.81	1.81
门尼黏度[ML(1+10)100℃]	45	50	70	90
溶解性	可溶于酮、酯类溶剂			
贮藏稳定性	优秀			

表 1-2 标准配方和标准硫化条件

配 方	硫 化 条 件
G-7000 系列 100 份	
N-990 炭黑 20 份	一段硫化: 170℃×10min
高活性氧化镁 3 份	二段硫化: 230℃×24h
氢氧化钙 6 份	

G-7000 系列通过流动实验测试出的流动特性, 虽然门尼黏度高, 但在高剪切力下具有几乎同等的流动性 (图 1-1)。

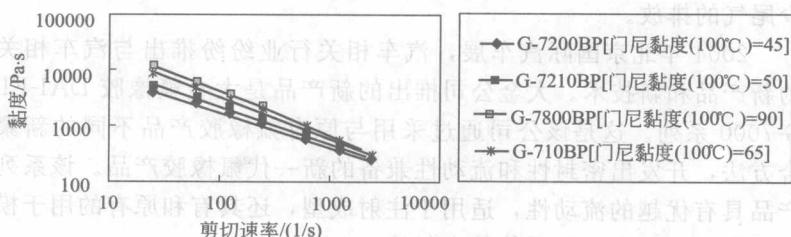


图 1-1 根据 capilograph 测出的流动性

G-7000 硫化橡胶的性能与 G-716 的性能相同甚至更高, 主要性能见表 1-3。

表 1-3 G-7000 系列物理机械性能

性 能	G-7201	G-7211	G-7401	G-7801	G-716
常温下					
100%定伸应力/MPa	4.2	4.1	4.4	4.9	4.3
拉伸强度/MPa	13.5	14.1	15.2	16.1	14.4
扯断伸长率/%	240	250	250	260	240
硬度(邵尔 A)	74	73	73	73	73
撕裂强度/(kN/m)	34.0	33.4	33.4	34.4	34.7
100℃					
拉伸强度/MPa		3.6	4.2	4.2	3.6
撕裂强度/(kN/m)	11.6	11.2	12.4	12.1	13.0
150℃					
拉伸强度/MPa	3.5	3.0	3.2	3.0	3.1
撕裂强度/(kN/m)	8.0	8.1	9.0	8.7	9.1

G-7201、G-7211 的压缩永久变形, 即使门尼黏度为 45~50 也

和原有的 G-716 相同, 见表 1-4。此外, 中门尼黏度型的 G-7401 和高门尼黏度型的 G-7801 都具有比以前产品更好的密封性。

表 1-4 G-7000 系列高温下的压缩永久变形 单位: %

温 度	G-7201	G-7211	G-7401	G-7801	G-716
150℃×72h	7	6	5	5	7
150℃×168h	9	7	6	6	8
150℃×336h	10	8	7	7	10
150℃×504h	12	9	9	8	10
150℃×1008h	14	12	10	10	13
150℃×2016h	18	16	13	13	18
150℃×3000h	21	19	16	14	21
200℃×72h	13	11	10	9	13
200℃×168h	20	18	15	13	20
200℃×336h	27	25	21	18	27
200℃×504h	33	31	26	22	34
200℃×1008h	47	45	39	34	47
200℃×2016h	65	63	56	50	64
200℃×3000h	74	72	66	59	73
230℃×72h	30	28	24	19	30
230℃×168h	47	44	39	34	46
230℃×336h	65	63	58	47	64
230℃×504h	79	77	72	60	76
230℃×1008h	100	99	95	86	96

G-7000 系列的热空气老化特性与以前的产品相同 (见表 1-5)。

表 1-5 G-7000 系列热空气老化性能

性 能	G-7201	G-7211	G-7401	G-7801	G-716
200℃×72h					
100%定伸应力变化率/%	+20	+17	+26	+15	+14
拉伸强度变化率/%	+15	+7	+5	+16	+21
扯断伸长率变化率/%	-8	-12	-17	-9	-4
硬度变化	+2	+2	+2	+2	+1
230℃×72h					
100%定伸应力变化率/%	+32	+17	+19	+19	+19
拉伸强度变化率/%	+11	+10	+16	+20	+23
扯断伸长率变化率/%	-15	-12	-13	-13	-8
硬度变化	0	+2	+2	+2	+1

续表

性 能	G-7201	G-7211	G-7401	G-7801	G-716
250℃×72h					
100%定伸应力变化率/%	+2	-5	+2	0	+2
拉伸强度变化率/%	-7	-9	+5	+11	+15
扯断伸长率变化率/%	0	-8	-4	0	+4
硬度变化	+1	+2	+2	+2	+1

G-7201、G-7211 与 G-716 具有同等的应力衰变性。G-7401、G-7801 显示了比 G-716 更好的应力衰变性。对应力衰变率达到 70% 所需时间进行比较, G-7401 均是 G-716 的 1.5 倍。G-7801 约是 G-716 的 2 倍 (见表 1-6)。

表 1-6 G-7000 系列应力衰变率

单位: %

时间/h	G-7201	G-7211	G-7401	G-7801	G-716
0	0	0	0	0	0
72	36	33	34	32	37
168	42	37	39	38	42
336	46	46	45	41	49
504	54	50	49	46	54
1008	65	62	59	55	66
2016	81	78	72	67	78
3000	82	83	80	73	85

几十年来, Viton 一直是可靠密封之弹性体选择。随着市场和性能要求的不断提高, 新的专用型号的 Viton 被开发出来, 包括 Viton GLT 和 ETP, 以适应特殊用途之需求。

现在, 杜邦陶氏弹性体公司研发的新技术将在已有的 Viton 氟弹性体专用牌号优异的性能特征基础之上宣布一个弹性体新纪元到来。

APA 技术创造的 Viton 拓展了专用牌号氟弹性体的性能空间。

以 APA 产品制造的零件表明了其强有力和更持久的密封性能。新产品改善了密封力保持性, 无论是否进行后硫化都具有低的压缩变形。由于改善了密封完整性, 其超过模压塑料件的能力开启了零件新的结构设计之门。

除了密封性能, Viton APA 氟弹性体还改善了耐流体性。

APA 氟弹性体对于传统的金属氟化物具有低的水溶胀性和更好的耐强有机酸性能。新产品即使无后硫化时也有很好的低温密封性能,能在将近 -50°C 进行工作。

APA 的新分子结构赋予了优异的加工性能,有助于提高生产效率。

① 高分子量及最佳的分子量分布使流动性更好;

② 支链设计改善了压模及后硫化的流动性和产品性能。新产品使注射成型流动更容易;高速挤出并且口型膨胀小。

APA 技术策略性地引入新的架桥点单体,获得:

① 更有效的硫化,更好的性能;

② 加工者也将因为 APA 产品脱模容易而提高生产效率。对于复杂的模具,高热伸长率和撕裂强度有助于减少产品缺陷。热拉伸和定伸应力的改善也使脱模容易,减少零件撕裂。

用过氧化物硫化 APA 工艺制备了 Viton 氟弹性体,并对其进行了深入的长期试验,结果如下。

(1) 在下列条件下老化时,APA 工艺制备的 GLFS、GBLT-S 和 GFLT-S 显示出与传统工艺制备的 GLT 和 GFLT 相近的体积溶胀性:

① 汽油 (PN180), 60°C 下 360h;

② CM15A 燃油, 60°C 下 5000h;

③ CM15A 燃油浸泡后再干燥性能。

(2) 在下列条件下老化时,APA 工艺制备的 GLFS、GBLT-S 和 GFLT-S 表现出与传统工艺制备的 GLT 和 GFLT 相似的耐热性能:

① 175°C 下, 5000h 的干热老化;

② 200°C 下, 5000h 的干热老化;

③ 232°C 下, 5000h 的干热老化。

(3) 在 232°C 下热老化 5000h 后,与氟含量低的 GLT 和 GLT-S 相比,氟含量高的 GBLT-S、GFLT 和 GFLT-S 的长期扯断伸长率的保持率高。

(4) 与传统工艺制备的试样相比,APA 工艺制备的低温聚合物 GLT-S、GBLT-S 和 GFLT-S 表现出以下性能。