



用于无卤阻燃(**HFFR**)
线缆和铝复合板化合物
的阻燃剂

万多拉新材料科技发展(辽宁)有限公司

地址：中国（辽宁）自由贸易实验区沈阳片区全运路109-1号
（109-1号）2层247-12730 室

www.windora.cn

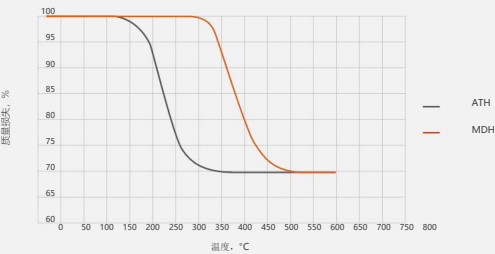
info@windora.cn

阻燃机理

氢氧化镁（MDH）是一种有效的阻燃填料，常用于塑料和橡胶化合物中，其作用机理是基于水的释放和热分解过程中的热量吸收：



与三水合铝（ATH）相比，MDH的主要竞争优势是具有更高的热量吸收和更高的分解温度（330°C，高于180°C的ATH）：

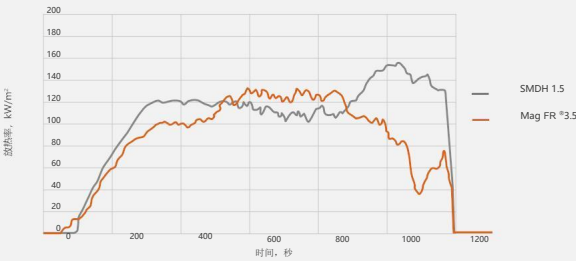


Mag FR 的热稳定性可以达到330°C

由于通过X射线分离技术进行了精准的矿石挑选，Mag FR具有高含量的Mg(OH)₂和低含量的杂质，如CaO和SiO₂混合物。

这一事实使Mag FR的阻燃性能与合成氢氧化镁处于同一水平。以下是用锥形量热仪对基础EVA-PE复合物中的Mag FR、精细沉淀合成MDH进行测试的结果。

稳定高品质的Mag FR 提供了市场上最佳的性价比



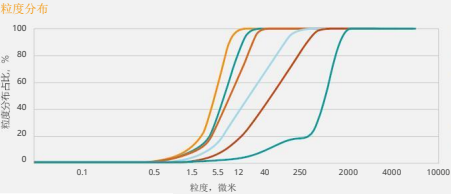
Mag FR
等级

俄罗斯矿业化工有限公司生产针对不同应用的各种Mag FRFR填料。我们对所有产品的化学成分和物理性能，均根据其应用进行了优化。下表列出了各种Mag FR产品的主要参数。

标准Mag FR 等级表和相关粒度曲线图

特性		Mag FR ® 3.5	Mag FR ® 5.5	Mag FR ® 10R	Mag FR ® 15R	Mag FR ® 20R	Mag FR ® 400-1000	
粒度分析, 微米	d ₁₀	0.8-1.3	0.8-1.4	1.0-1.8	1.0-3.0	1.0-3.0	< 400 µm	max. 20%
	d ₅₀	3.0-4.0	5.0-6.0	9.0-12.0	13.0-17.0	18.0-22.0	d ₉₀	600-800
	d ₉₇	14-19	max. 40	max. 100	max. 120	max. 150	> 1000 µm	max. 20%
化学成分, %	Mg(OH) ₂	> 92.8	> 92.8	> 90.0	> 90.0	> 90.0	> 87.0	
	CaO	< 2.3	< 2.3	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	
	SiO ₂	< 1.3	< 1.3	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	
	Fe ₂ O ₃	< 0.13	< 0.13	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.5	
比表面积, m²/g**		10-13 (9-11)*	9-12 (8-10)*	6-8	5-7	4-6	0.5-2	
应用	线缆	TPO和PVC屋面膜		线缆填充, 铝塑板, 沥青屋面膜			A2级铝塑板	

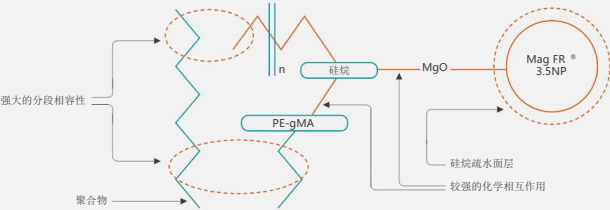
* 产品涂有硬脂酸和硅烷之后的数值。
改性产品: 3.5A & 5.5A等级、硬脂酸 (C)、烷基硅烷 (NP)、氨基硅烷 (NA)、乙烯基硅烷 (NV)
** 可根据需要进行测量



Mag FR3.5 NP
应用于HFFR W&C的特殊产品

采用新的建筑产品规定 (CPR), 导致对线缆化合物燃烧性能的要求更加严格。为满足此严格要求, 我们的研发团队为W&C应用开发了一种新的特殊产品, 即Mag FR 3.5NP。该产品用不同硅烷的混合物处理, 这些硅烷组合在一起对HFFR W&C化合物显示出优异的性能。Mag FR 3.5NP适用于EVA和PE聚合物。

与其他产品相比, Mag FR 3.5NP在无水马来酸的存在下, 具有更好的分散性、防结块、疏水性以及聚合物-填料相互作用。详见以下工作机制图:



强大的分段相容性和化学相容性

Mag FR 3.5NP如何改善化合物特性和加工性能:

- 提高LOI值 (比未处理的MDH高3–4个单位)
- 改善机械性能
- 具有疏水性 (Mag FR 3.5NP为100%疏水性)
- 提高对热空气和热水的抗老化能力
- 提高工艺稳定性并提高合成物生产率

为更好地了解有Mag FR 3.5NP参与的合成过程, 请查看本节: 在单螺杆混炼捏合机中给料带涂层的Mag FR级产品。



Mag FR

部分替换线缆用无卤阻燃材料中的合成ATH

三水合铝（ATH）是HFFR线缆化合物中最常见和广泛使用的阻燃剂。ATH是用化学方法生产的，在过去的20年中，其成本和市场可用量发生了显著变化。Mag FR可以轻松地与精细合成ATH组合使用，以优化该化合物的性能/成本，并在高温垂直燃烧测试中大大提高阻燃性（例如CPR要求的EN 50399）。在高速生产低压线缆时，应该使用Mag FR替换部分ATH，以保持表面质量。

成分	描述	含量	
聚合物			
EVA 28 MFI 3-7	基础聚合物	20.5	20.5
ULDPE MFI 0.5-1	POE, 用于提升机械性能	5	5
LLDPE MFI 3-6	PE, 用于提升热压测试	5	5
ULDPE-g-MAH	马来酸酐偶联剂	5	5
添加剂			
Mag FR ® 3.5C	精细级, 硬脂酸涂层	18	—
Mag FR ® 3.5NP	精细级, 烷基硅烷涂层	—	25
精细沉淀ATH	合成精细沉淀级BET = 4 m²/g	45	38
总计			
稳定剂	稳定剂母粒	0.5	0.5
加工助剂	硅酮母料	1.0	1.0
总计		100	100

性能	标准	数值	
硬度, 邵氏D	ASTM D2240	46-49	46-49
密度, g/cm³	内部方法	1.49	1.49
拉伸强度, N/mm²	ISO 37-2	11-12	12-13
断裂伸长率, %	ISO 37-2	160-200	170-220
MFI, 在190°C/21.6 kg	ISO 1133	10-15	10-15
LOI, %	ASTM D2863	37-41	40-43

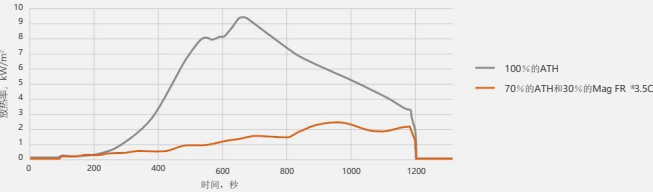
说明:

- 为了进一步增加上述配方中的Mag FR 3.5CA，相对于EVA聚合物的比例，还必须增加一部分ULDPE聚合物。
- 如需对热空气和热水具有较高的耐老化性，则建议使用硅烷涂层的Mag FR 3.5NP代替Mag FR 3.5CA。
- 虽然仅使用ATH会在垂直燃烧测试中出现滴落，但是ATH和Mag FR的组合不会导致燃烧材料掉落，这是在CPR指定的EN50399线缆垂直燃烧测试中的主要优点之一。



垂直燃烧测试的性能对比

该测试使用两块垂直定向的复合板进行，火源位于底部角落，控制热量和烟释放（火焰施加时间为20分钟，燃烧器功率为2kW）。



- 如果将ATH和Mag FR组合使用，热量释放量和烟释放量将大大降低
- 有Mag FR存在，不滴落

EVA配方的燃烧测试结果表

填料	HRR peak, kW	FIGRA, W/s	THR, kJ
100 %的ATH	9.31	14.8	5.30
70 %的精细沉淀ATH和30 %的Mag FR * 3.5CA	2.40	2.57	1.34

HRR peak — 放热率峰值, FIGRA — 燃烧增长率, 计算(HRR)/(测试耗时的函数最大值, 可得FIGRA, THR — 总热量释放

烟生成参数表

填料	SPR peak, m³/s	SMOGRA, m³s⁻²	TSP, m²
100 %的ATH	0.047	0.067	24.3
70 %的精细沉淀ATH和30 %的Mag FR * 3.5CA	0.016	0.020	5.73

SPR peak — 烟生成速率峰值, SMOGRA — 烟增长速率, 计算(SPR)/(测试耗时的函数最大值, 可得SMOGRA, TSP — 总生烟量

在燃烧测试中得出两个结论：

- 滴落的化合物（仅ATH）：施加火焰几分钟后，材料变软并开始滴落，同时热量释放大大增加。
- 不滴落的化合物（ATH和Mag FR）：化合物表面形成坚固的炭化层而不会产生滴落。

滴落的化合物（仅ATH） 不滴落的化合物（ATH和Mag FR 9）



火焰演变



燃烧残渣

通过Mag FR与合成ATH的组合使用，您可以实现：

- 与单独使用合成ATH具有相同的加工性能
- 改善了阻燃性能，大大减少了热量释放和滴落
- 合成物成本最优



Mag FR

完全替代HFFR线缆料中的合成ATH

当Mag FR完全替代ATH时，可获得最佳的性价比。但由于Mag FR的表面积更大，极性更高，因此需要对配方进行调整。

例如，EVA不适合在这样的配方中作为唯一的聚合物。为了平衡机械性能，尤其是断裂伸长率，必须使用柔性ULDPE弹性体作为主要聚合物。完全替代ATH，适用于低速生产的高压线缆。在这种情况下，表面质量没有任何问题。

成分	描述	含量			
聚合物					
ULDPE MFI 1.0	POE，作为基础聚合物	22	22	22	22
LLDPE MFI 3-6	PE，用于提升热压测试	8	8	8	8
ULDPE-g-MAH	马来酸酐偶联剂	5	5	5	5
填料					
Mag FR * 3.5A	精细级	63			
Mag FR * 3.5CA	精细级，带硬脂酸涂层		63		
Mag FR * 3.5NP	精细级，带烷基硅烷涂层			63	
Mag FR * 3.5NA	精细级，带氨基硅烷涂层				63
添加剂					
稳定剂	稳定剂母粒	0.5	0.5	0.5	0.5
加工助剂	硅酮母料	1.5	1.5	1.5	1.5
总计		100	100	100	100

性能	标准	数值			
硬度，邵氏D	ASTM D2240	46-49	46-49	46-49	46-49
密度，g/cm³	内部方法	1.47	1.47	1.47	1.47
拉伸强度，N/mm²	ISO 37-2	11	8	12	11
断裂伸长率，%	ISO 37-2	175	300	200	175
MFI，在190°C/21.6 kg	ISO 1133	6.5	6.0	7.5	6.5
LOI，%	ASTM D2863	33	32	35	33
在100°C热空气中老化7天后的抗拉变化，%	ISO 188	+25	-7	+10	+10
在100°C热空气中老化7天后的伸长率变化，%	ISO 188	-25	-28	-18	-20
在70°C热水中老化7天后的抗拉变化，%	ISO 1817	-25	-10	-4	-12
在70°C热水中老化7天后的伸长率变化，%	ISO 1817	+28	+5	-10	+18
在70°C中7天后的吸水率，%	ISO 62	1.6	0.8	0.8	1.2

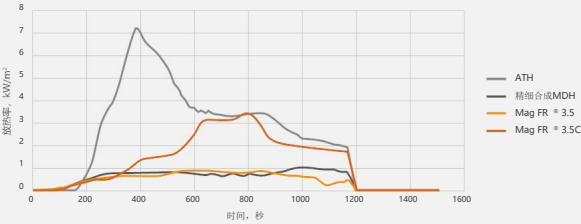
说明：

- 如果需要高耐老化性能，建议使用硅烷涂层的Mag FR 3.5NP和3.5NA。



垂直燃烧测试的性能对比

已为基于ULDPE配方中的单个测试选择了多种不同的FR填料。



基于ULDPE配方的燃烧测试结果表

填料	HRR peak, kW	FIGRA, W/s	THR, kJ
精细沉淀ATH	7.14	18.7	3.59
精细合成MDH	1.04	2.63	0.82
Mag FR * 3.5A	0.89	2.25	0.71
Mag FR * 3.5CA	3.34	4.86	1.96

HRR peak — 放热率峰值, FIGRA — 燃烧增长率, 计算(HRR)/(测试耗时)的函数最大值, 可得FIGRA, THR — 总热量释放

由于没有滴落, 所有MDH填料在热量释放和烟排放方面都比单独使用ATH表现更好。在热量释放和烟排放方面, Mag FR与精细合成MDH的使用结果相同。

烟生成参数表

填料	SPR peak, m²/s	SMOGRA, m²/s²	TSP, m²
精细沉淀ATH	0.044	0.082	18.80
精细合成MDH	0.003	0.0010	1.65
Mag FR * 3.5A	0.003	0.011	1.70
Mag FR * 3.5CA	0.022	0.019	6.27

SPR peak — 烟生成速率峰值, SMOGRA — 烟增长速率, 计算(SPR)/(测试耗时)的函数最大值, 可得SMOGRA, TSP — 总烟量

Mag FR
用于线缆衬垫料

随着新CPR推出, 线缆的耐火等级发生了显著变化。这些等级不仅用于某单一层, 还用于包括绝缘层、衬垫层和护套层在内的整个线缆。所有这些层都有助于提升线缆的最终耐火等级。

无焰阻燃XLPE(交联PE)是线缆绝缘料中最受欢迎的材料之一, 因其具有出色的加工性能、机械/电性能以及低廉的价格。但将XLPE用于绝缘, 使其达到符合CPR要求的顶级B2等级则非常困难。

以下是含Mag FR *10R的衬垫料基本配方:

成分	描述	含量		
聚合物				
ULDPE MFI 3-5	POE, 作为基础聚合物	10.5	15.5	10.5
LDPE MFI 10	PE, 有助于加工	5	5	5
ULDPE-g-MAH	马来酸酐偶联剂	1.5	1.5	1.5
填料				
Mag FR * 10R	研磨级, 未经表面处理	60	75	80
带CaCO ₃ 涂层	带硬脂涂层, 粒度分布为 d ₉₀ = 5 µm	20	—	—
添加剂				
加工助剂	PE蜡	2	2	2
	硬脂酸	1	1	
总计		100	100	100

解决方案: 在线缆中间层, 使用高度阻燃的衬垫层。衬垫层由于含有大量的阻燃剂, 因此可作为一种保护层, 极大改善了整个线缆的阻燃性。俄罗斯矿业化工有限公司开发了一种适用于此应用的特殊产品: 具有合适比表面积的Mag FR 10R, 使得生产含有高含量填料的低粘度线缆料成为可能。

性能	标准	数值		
硬度, 邵氏D	ASTM D2240	41	40	41
密度, g/cm³	内部方法	1.78	1.70	1.77
MFI, 在 190 °C/21.6 kg	ISO 1133	< 8	> 10	< 8
LOI, %	ASTM D2863	38-40	43-45	58-62

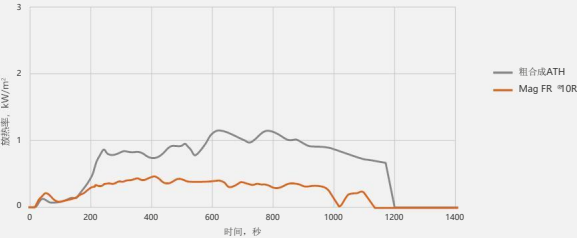
说明:

- 如果需要, 可以根据所需的阻燃水平和机械性能, 优化Mag FR 10R的载荷。
- 可以通过选择具有不同MFI值的、不同等级的POE, 来优化化合物的MFI。



垂直燃烧测试的性能对比

将含有Mag FR 10R的衬垫料与含有粗合成ATH的衬垫料进行了对比测试。



基于ULDPE配方的燃烧测试结果表

填料	HRR peak, kW	FIGRA, W/s	THR, kJ
粗合成ATH	1.16	3.57	0.92
Mag FR 10R	0.46	1.62	0.35

HRR peak — 放热率峰值, FIGRA — 燃烧增长率, 计算(HRR)/(测试耗时)的函数最大值, 可得FIGRA, THR — 总热量释放

烟生成参数表

填料	SPR peak, m/s	SMOGRA, m/s²	TSP, m²
粗合成ATH	0.013	0.044	5.65
Mag FR 10R	0.004	0.019	3.63

SPR peak — 烟生成速率峰值, SMOGRA — 烟增长速率, 计算(SPR)/(测试耗时)的函数最大值, 可得SMOGRA, TSP — 总生烟量

与粗合成ATH相比，Mag FR在减少热量释放和烟排放方面更为有效。

Mag FR得益于其高分解温度，在加工衬垫料过程中，是一种“易于使用”的阻燃剂。

Mag FR
在B1级铝复合板中的应用

如今，几乎所有铝复合板（ACP）都需要能够阻燃。最常见的等级是B1级（EN13501-1），可通过阻燃聚合物芯材实现。对于此应用，Mag FR 10R具有最佳的粒度，是最合适的产品等级。由于具有较高的热稳定性，Mag FR 10R可以在>200°C的温度下进行加工，这对于任何等级的ATH都是不可能的。此外，Mag FR所具有的高混炼及加工温度，确实能够降低粘度，从而降低了加工过程中的能耗。

以下为含有Mag FR 10R的基本配方：

成分	描述	含量	
聚合物			
LDPE MFI 3-4	PE; 有助于加工	21	
LDPE MFI 10-15	高流动性LDPE		14
LDPE-g-MAH	马来酸酐偶联剂	2	2
阻燃填料			
Mag FR * 10R	研磨级, 未经表面处理	75	82
添加剂			
加工助剂	EVA蜡	1	1
	硅酮母料或PE蜡	1	1
总计		100	100

性能	标准	数值	
密度, g/cm³	内部方法	1.72	1.80
MFI, 在190°C/21.6 kg	ISO 1133	32	20
LOI, %	ASTM 02863	42	65

说明：

- 为使前述配方达到良好粘合效果，剥离强度约为60N*mm左右。
- 为达到B1级（EN13501-1），Mag FR的最小用量为70-72%（按质量计）。不过，更高用量的Mag FR可以进一步降低成本，提高ACP的安全性。

我们还开发了能够达到A2级（EN13501-1）的配方。如果您对我们提议的配方有任何建议，请联系我们的技术团队。

关于Mag FR的配混建议

总述

配混过程的关键点在于矿物质填料完美分散、无结块。这样可以实现良好的机械、阻燃及电气等方面的性能。为获得含Mag FR化合物所需的特性，可以使用以下传统设备：

1. 同向旋转双螺杆挤出机。
2. 单螺杆往复式捏合机。
3. 密炼机 (Banbury 型)。
4. Farrel连续混合机。
5. 反向旋转双螺杆挤出机 (主要用于PVC)。

同时，重要的是选择正确的聚合物、填料、添加剂和加工助剂，以在设备高速运行下生产高质量的化合物。俄罗斯矿业化工有限公司的技术团队可随时在混料和线缆挤压的各个方面提供技术支持。

无卤阻燃化合物

通常，大多数用于绝缘或护套的HFFR线缆化合物包含高达65% (按质量) 的ATH或MDH等FR填料。

如果使用B1级 ACP和线缆衬垫料，则填充量可能高达75–80%，这对于配混设备是一个挑战。

为使Mag FR实现更好的分散性，建议如下：

- 混料过程使用高剪切 (比ATH情况下更高)。
- 如果将ATH和Mag FR组合使用，则可达到180–190°C的熔融温度，如果不含ATH，则可达到>200–210°C。
- 使用“硬”螺杆配置和高转速。

用双螺杆同向挤出机生产

挤出机应做如下配置：

- 长径比(L/D ratio)>42。
- 至少一个侧面进料器 (最好是两个侧面进料器)。
- 每个加料口前有空气脱气系统。
- 真空脱气系统。
- 精确的温度控制。
- 重力给料系统。
- 优化的螺杆结构。

*这些建议对单螺杆摆动混炼捏合机和双螺杆挤出机均有效。

如果双螺杆挤出机具有三个进料区，则填料的配量比例应为30%:40%:30%。如果只有两个进料区，则填料应从第一区到第二区以40%:60%的比例分配。

最佳生产速度及螺杆转速取决于挤出机的型号和材料黏度。通常转速设置在250–450区间内。有必要优化螺杆转速和总生产速度，以达到约70%–80%的扭矩或电动机载荷。

同时，熔化的材料不得从空气和真空脱气孔中排出。在这些条件下，混炼具有最大的效率。为增加挤出机的扭矩，可降低螺杆转速，或增加产出量。

用单螺杆混炼捏合机生产

捏合机应配置如下：

- 长径比 (L/D ratio) 至少为16 (最好大于18)
- 两个或三个以上的填料进料区 (入口)。
- 强烈建议在每个填料进料区前有空气脱气系统。
- 真空脱气系统。
- 精确的温度控制。
- 重力给料系统。

应使用尽可能多的填料进料区。如果捏合机有三个进料区，则填料的配比应为30%:40%:30%。如果只有两个进料区，则填料应从第一入口到第二入口以60%:40%的比例分配。

用单螺杆混炼捏合机对带涂层Mag FR 等级产品进行给料

如果使用带涂层的Mag FR 3.5CA (硬脂酸涂层) 和3.5NP (硅烷涂层)，则应特别注意给料方式。由于空气会从这种填料中缓慢逸出，因此使用双进料区捏合机生产，将非常困难。根据需要，Mag FR不会进入捏合机内部，而会漂浮在螺杆上。捏合机不会处理第二个入口中的所有填料，而只是其中的一部分。有几种解决该问题的方法，例如：降低生产速度、提高主螺杆的转速以及在每个入口前面使用空气脱气系统，以改善处理过程中的空气逸出。但是，如果捏合机有三个进料区，那么以正常速度按30%:40%:30%的比例播撒填料，进行化合物生产，可能不会有问題。

在ATH与Mag FR 3.5CA组合使用的配方中，需要将MDH与ATH组合给料至第一进料区 (这会增加填料在捏合机中的输入量)，而在第二个进料区，单独给料ATH。这将使得化合物中的所有材料形成完美分散。在这种情况下，使用仅有双进料区的捏合机即可生产。