

柔韧性聚合物

中/高压电线电缆 电压电力电缆



... we make better polymers

OPPORTUNITIES FOR LUCOBIT PRODUCTS IN MEDIUM/HIGH VOLTAGE POWER CABLES

概要

中/高压电力电缆在农村电能传输基础设施中占有一席之地。图1展示了电力电缆在电网中的功能。

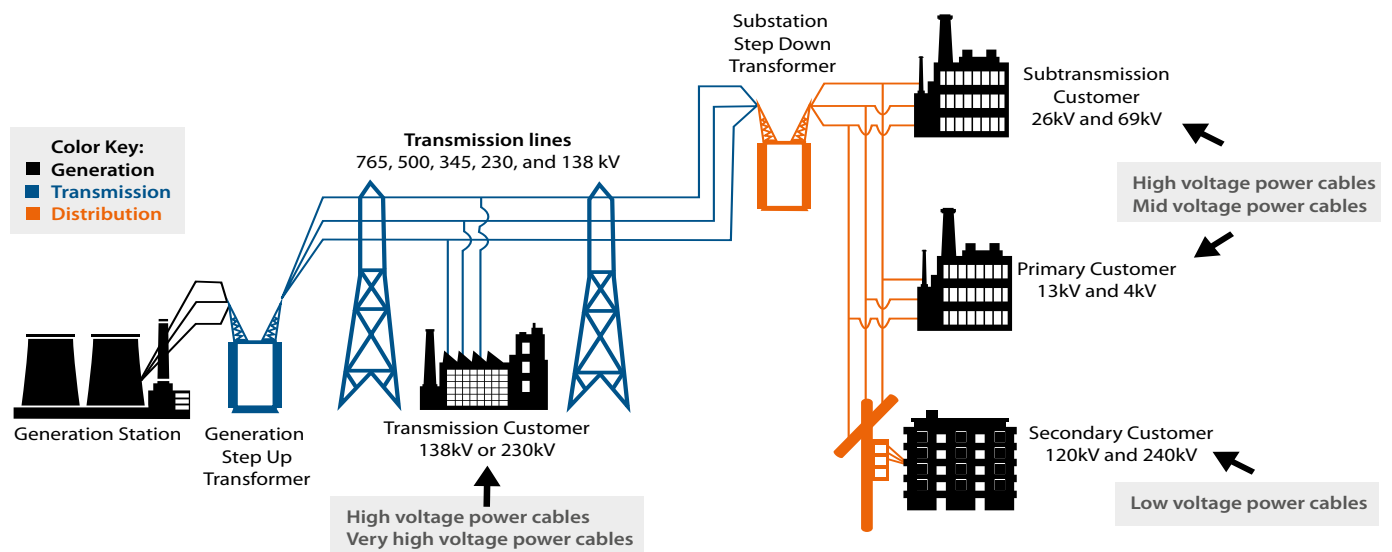


表1: Lucobit®产品在中/高压电力电缆中的机遇

从发电站到中间变电所所用的传输线都是由高压电力电缆构成。首先，高压和中压电力电缆传输电能至二次输电系统和主要用户。最后，低压电力电缆输送电能给次要用户。聚合中/高压电力电缆最早出现于20世纪50年代，并且不久就取代油浸纸和流体填充电缆。

现如今，架空线的取代和可再生能源的快速发展都是聚合物中/高压电力电缆在全球发展的重要因素。

架空线的取代

- 总体拥有成本
- 环境问题
- 可持续性与维护
- 地面负担（架空线周围的大块区域将对居民产生负面的电磁辐射影响）
- 丹麦计划在2040年前用电力电缆取代所有的架空线

可再生能源的来临

- 海上与陆上风能
- 光伏
- 地热能

取代油浸纸和流体填充电缆

- 成本效率
- 超光滑半导体的发展
- 树阻燃绝缘的发展



Box 1: Global growth factors for polymeric medium/high voltage power cables

适用于中/高压电力电缆LUCOBIT材料

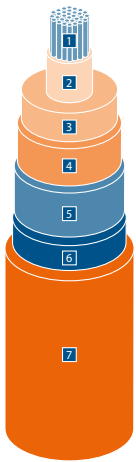
以德国韦塞林（Wesseling）为总部同时是BASF前身的LUCOBIT AG，提供以下用于中/高压电力电缆的材料：

- 两种EBA
 - Lucofin® 1400HN
 - Lucofin® 1400MN
- MAH和EBA
 - Lucofin® 1494H
 - Lucofin® 1494M
- 两种以EBA为基体的预制HFFR化合物
 - Lucofin® 7410 HFFR
 - Lucofin® 7440 HFFR

Lucofin® 1400HN、Lucofin® 1400MN、Lucofin® 1494H和Lucofin® 1494M含有16%-17%的丙烯酸丁酯并且是配方中的一部分。除此之外，Lucofin® 1494H和Lucofin® 1494M包含了大量接枝顺丁烯二酸酐，这能确保它们成为高效偶联剂。

由于MFI的含量较低，Lucofin® 1494H和Lucofin® 1494M更适合用于低填充化合物，反之，有较高MFI含量的1400MN和Lucofin® 1494M主要用于高填充化合物。

除了Lucofin® 7410 HFFR和Lucofin® 7440 HFFR，LUCOBIT还提供预制的含有ATH的HFFR化合物和含有MDH的HFFR化合物来替代Lucofin® 7410 HFFR，作为矿物阻燃。图2通过中/高压电力电缆的典型设计展示了Lucofin®产品的典型应用（以橙色标示）。表1对电缆各层进行了详细介绍以及使用Lucofin®产品的要点。



- 1、铜芯；
- 2、导体屏蔽：以Lucofin® 1400MN为基体的内部半导体化合物；
- 3、含有一定剂量的经过水树测试的Lucofin® 1400HN的绝缘XLDP-E-XLLDPE化合物；
- 4、导体屏蔽：以Lucofin® 1400MN为基体的外部半导体化合物；
- 5、搭接层
- 6、铜层
- 7、HFFR外包层：由Lucofin® 7410 HFFR和Lucofin® 7440 HFFR构成的HFFR，或者是由Lucofin® 1400HN、Lucofin® 1400MN、Lucofin® 1494M和Lucofin® 1494H构成的HFFR。

图2：中/高压电力电缆的设计，展示了Lucofin®产品的应用

内部半导体

光滑表面 | 热稳定 | 优秀的炭黑分散性 | 没有过早的过氧反应 | 低粘度 | 对导体和绝缘接口有好的附着力

55 % - 60 % Lucofin® 1400MN
 35 % - 40 % 炭黑
 1 % - 3 % 过氧化氢
 1 % - 2 % 添加剂

外部半导体（完全接触）

光滑表面 | 热稳定 | 优秀的炭黑分散性 | 没有过早的过氧反应 | 低粘度 | 对导体和绝缘接口有好的附着力

55 % - 60 % Lucofin® 1400MN
 35 % - 40 % Carbon black
 1 % - 3 % 过氧化氢
 1 % - 2 % 添加剂

绝缘层

抗水树 | 改善的耐环境应力开裂性 | 及其干净的原材料 | 没有过早的过氧反应

10 % - 20 % Lucofin® 1400HN
 80 % - 90 % LDPE
 1 % - 3 % 过氧化氢
 1 % - 2 % 添加剂

外包层（普通）

化学稳定性 | 机械性能优秀 | 低温柔韧性

5 % - 20 % Lucofin® 1400HN
 80 % - 95 % LDPE/LLDPE/MDPE/HDPE
 1 % - 2 % 添加剂

外包层（HFFR）

阻燃性 | 化学稳定性 | 机械性能优秀 | 低温柔韧性

Lucofin® 7410 HFFR, Lucofin® 7440 HFFR
 或者
15 % - 25 % Lucofin® 1400MN / Lucofin® 1400HN
4 % - 6 % Lucofin® 1494M
 5 % - 15 % POE（聚烯烃弹性体）/ POP（聚烯烃塑料）
 60 % - 65 % ATH / MDH
 1 % - 2 % 添加剂

表1：Lucofin®产品在中/高压电力电缆中的机遇

LUCOFIN[®] 1400MN作为半导体化合物的

的色母粒载体

突出物的数量和大小是半导体化合物质量好坏的关键。图3展示了一个典型设备，用于检测待测半导体化合物上的突出物。

激光发出的单色光被带子上的不规则物折射，之后进行光度分析。

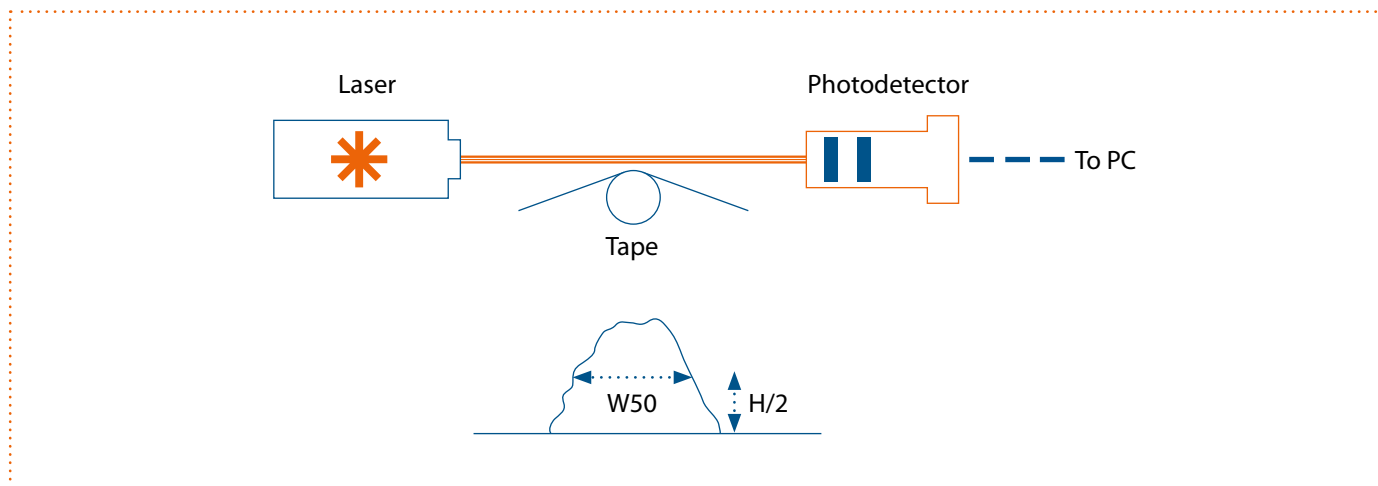


Figure 3: Experimental set-up for the analysis of protrusions in a semiconductive compound

The use of ethylene butyl acrylate copolymer (EBA) in combination with the right type of carbon black, typically acetylene carbon black, results in a supersmooth insulation and conductor shield with significant less protrusions as shown in figure 4.

Due to the lower electrical stress employed the requirements for an insulation shield are less severe than those for a conductor shield.

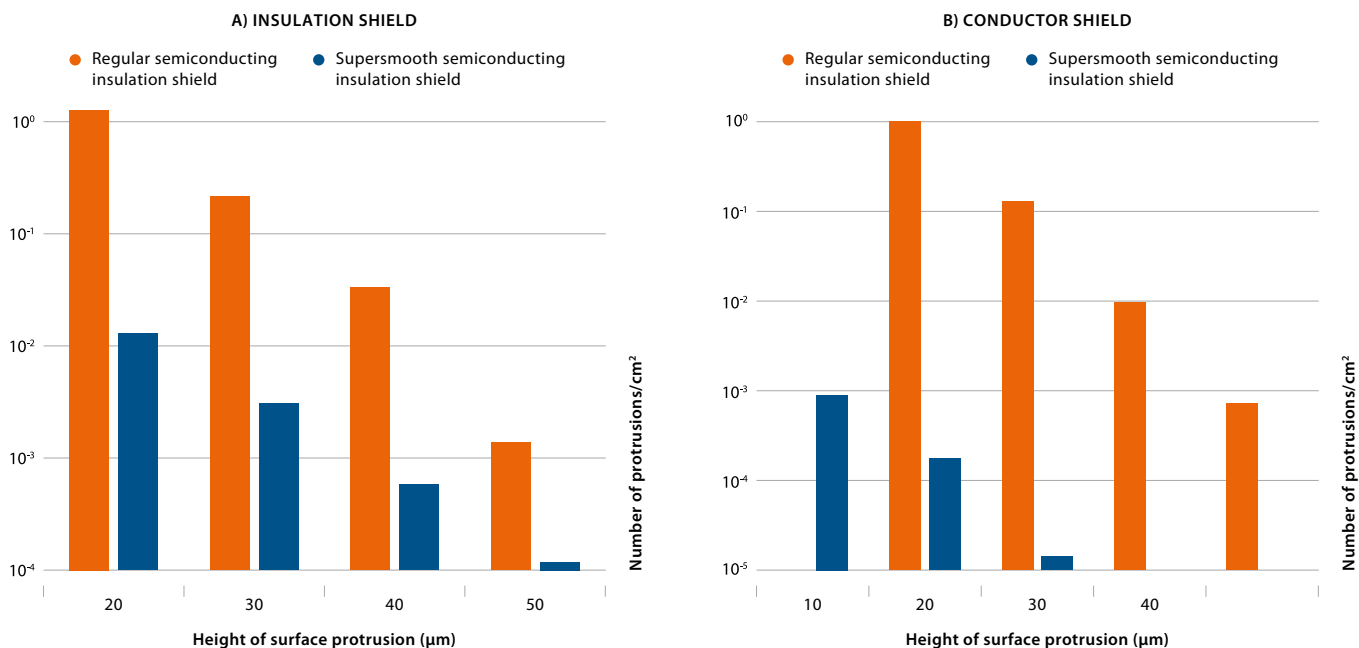


Figure 4*: Number of protrusions vs. their height for a regular and supersmooth semiconducting a) insulation shield and b) conductor shield
*data taken from: Power and Communication Cables, R. Bartnikas, K. D. Srivastava, A John Wiley & Sons, (1999), 90

LUCOFIN[®] 1400HN抗水树绝缘化合物

随着时间的推移，中/高压电力电缆绝缘层内所谓的水树可能演变，这些会导致电力强度的减弱，最终可能导致电缆击穿。因此，抗水树（TR）绝缘化合物目前被广泛采用。当XLPE中有20%含量时的EBA具有很强的抗水树性，这是由于其满足各种不同的加速电老化测试的极性，因此有助于电缆的耐久性。

图5显示的是使用最佳抗水树化合物和超级光滑半导体（super-smooth）时测得的水树长度，它是表征电缆预期失效率的一个指标。

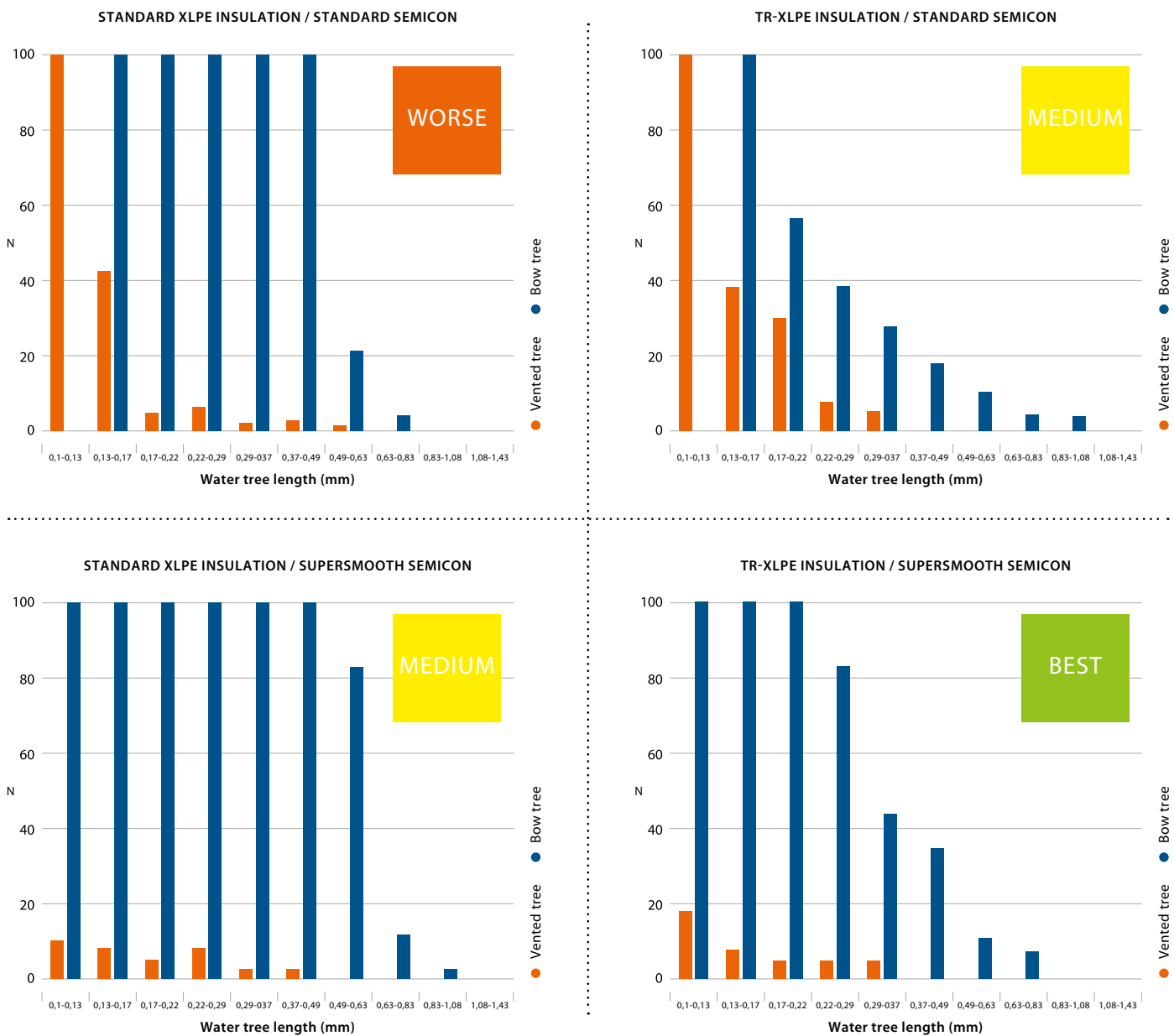


图5 30千伏中压电力电缆中绝缘体和半导体类型对水树长度、类型和数量的影响

LUCOFIN®7410 HFFR和阻燃外包层材料

LUCOFIN®7440 HFFR

与传统以EVA/ATH为基体的HFFR相比，以EBA为基体的Lucofin®7410 HFFR和Lucofin®7440 HFFR有以下优点：

1. 吸水率非常低，蓄水后的电气和机械性能只有略微下降，适用于电缆在潮湿地区使用；
2. 优良的低温柔韧性，适用于寒冷地区电缆；
3. 良好的耐老化性能，适用于炎热地区电缆；
4. Lucofin®7440 HFFR可以增加产品输出量，适用于高速电缆；
5. 优越的加工稳定性，这避免了电缆在挤出过程中诸如波动等问题的发生，同时促进电缆层厚度较小的波动，因此更能节省材料；

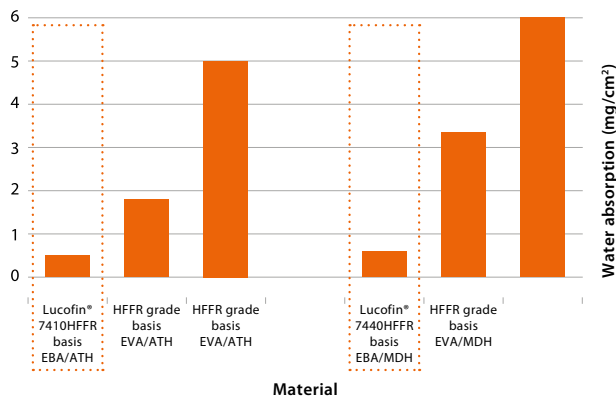


图6 不同HFFR等级的吸水率

6. 卓越的耐环境应力开裂能力（ESCR），适合在沙漠地区以及其它对ESCR要求较高的地区。

图6、7、8和表2显示了Lucofin®7410 HFFR和Lucofin®7440 HFFR与以EVA为基体的化合物相比典型的低吸水率、蓄水前后的断裂延伸率、优越的耐老化和耐环境应力开裂能力。下一节将进一步介绍以EBA为基体的Lucofin®7410 HFFR和Lucofin®7440 HFFR的其它特点。

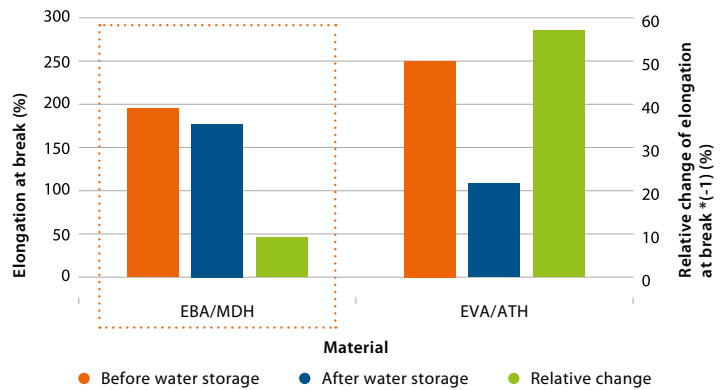


图7 一些HFFR化合物蓄水前后断裂延伸率和相对变化

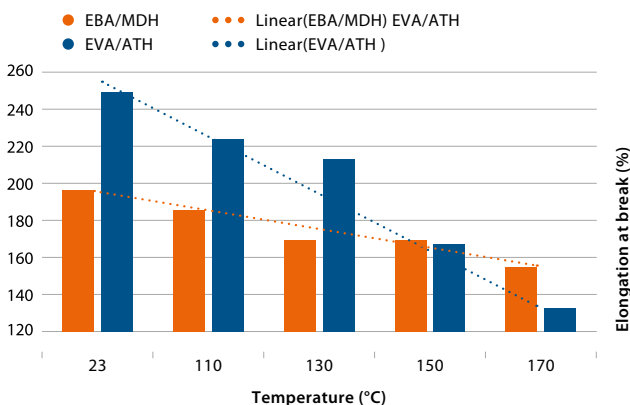


图8 以EBA/MDH和EVA/ATH为基体的HFFR化合物的断裂延伸率与储存温度的函数关系

MATERIAL	TEST
Lucofin® 7410 HFFR EBA/ATH compound	passed
Lucofin® 7440 HFFR EBA/MDH compound	passed
"Standard 1 EVA/ATH compound 1 1000 h at 50 °C subjected to Igepal CO-630 (Ethoxylated nonylphenol) in a stressed mode: cracks: yes/no measured at hot pressed samples	failed

表2 不同HFFR化合物的耐环境应力开裂能力

LUCOFIN®1400 MN/LUCOFIN®1400 HN聚合

物载体和LUCOFIN®1494M作为偶联剂在HFFR

阻燃外包层材料的应用

带有自我复合设施的电缆转换器可以选择生产自己的以EBA为基体的化合物。假设有一个合适的设计公式（表1给出一些指导），优点在前面列举过。以EBA为基体的化合物进一步的优势是：优良的低温特性使其适用于“西伯利亚”和其它低温条件。

科学事实表明：丙烯酸丁酯在所有极性乙烯共聚物中拥有一个最低的玻璃化转变温度（T_g）——-56°C（见图9）。因此，以

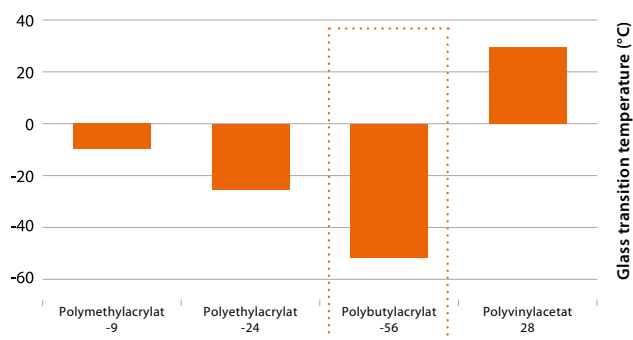


图9 一些极性乙烯共聚物的玻璃化转变温度

这些研究结果转化为面向实践的测试。图11显示了以EBA为基体的化合物满足在-50°C时低温延伸率>20%的要求，而以EVA为基体的化合物在温度低于-15°C时便不满足要求。同样的，如表3所示，以EBA为基体的化合物通过了-50°C的冷冲击试验。

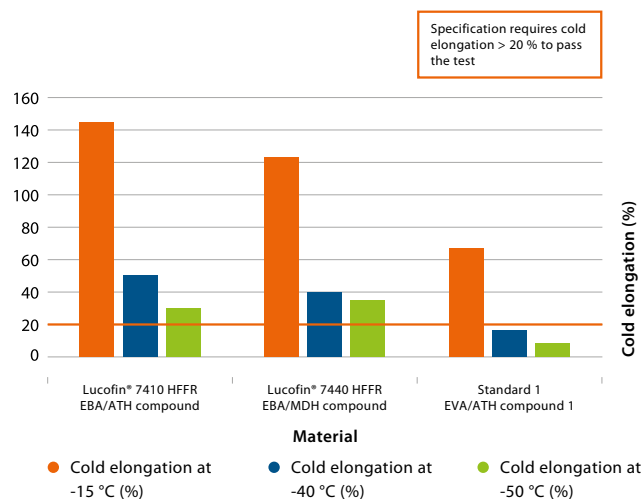


图11 不同HFFR化合物在-15°C、-40°C和-50°C时的低温延伸率

EBA为基体的HFFR化合物——Lucofin®7410 HFFR和Lucofin®7440 HFFR与以EVA为基体的HFFR化合物相比可以在低温下保持其柔韧性（见图10动态机械分析）。

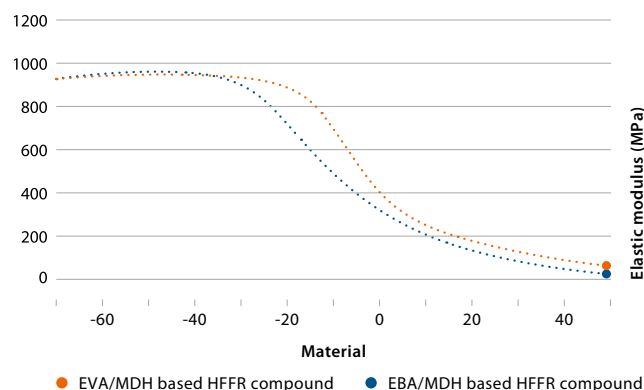


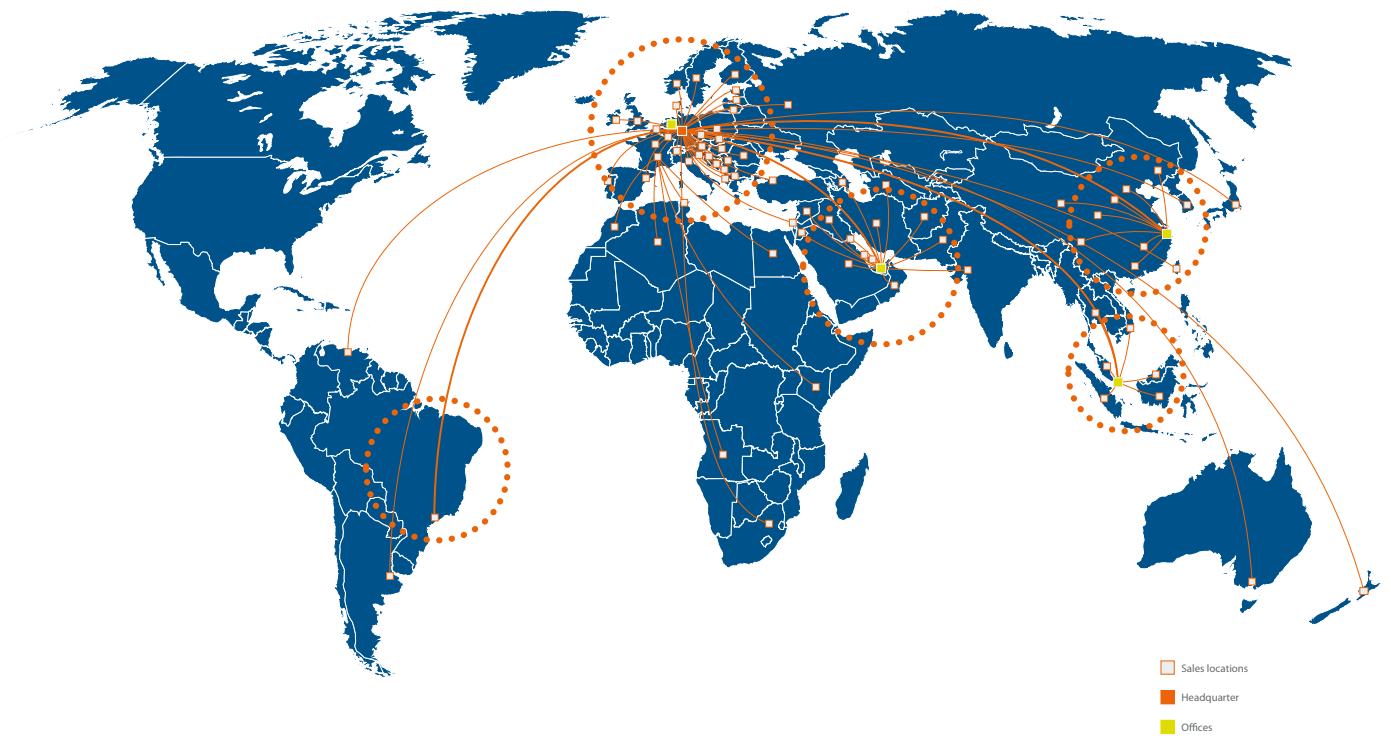
图10以EVA/MDH和EBA/MDH为基体的HFFR化合物动态机械分析 (DMA)

而以EVA为基体的化合物在-50°C没有通过这项重要测试。

MATERIAL	COLD IMPACT AT -50 °C
Lucofin® 7410 HFFR EBA/ATH compound	passed
Lucofin® 7440 HFFR EBA/MDH compound	passed
Standard 1 EVA/ATH compound 1	failed

表3 不同HFFR化合物在-50°C时的冷冲击试验

LOCATIONS



路可比聚合物（上海）有限公司
上海浦东新区科苑路88号2幢1号楼716室
电话: 021 - 2898 6131 • 手机: +86 186-1615-3847
网址: www.lucobit-china.com

Note
The information provided in this document is based on our product tests and present technical knowledge. It does not release purchasers from the responsibility of carrying out their receiving inspections. Neither does it imply any binding assurance of suitability of our products for a particular purpose. As LUCOBIT cannot anticipate or control the many different conditions under which this product may be processed and used this information does not relieve processors from their own tests and investigations. Any proprietary rights as well as existing legislation shall be observed.