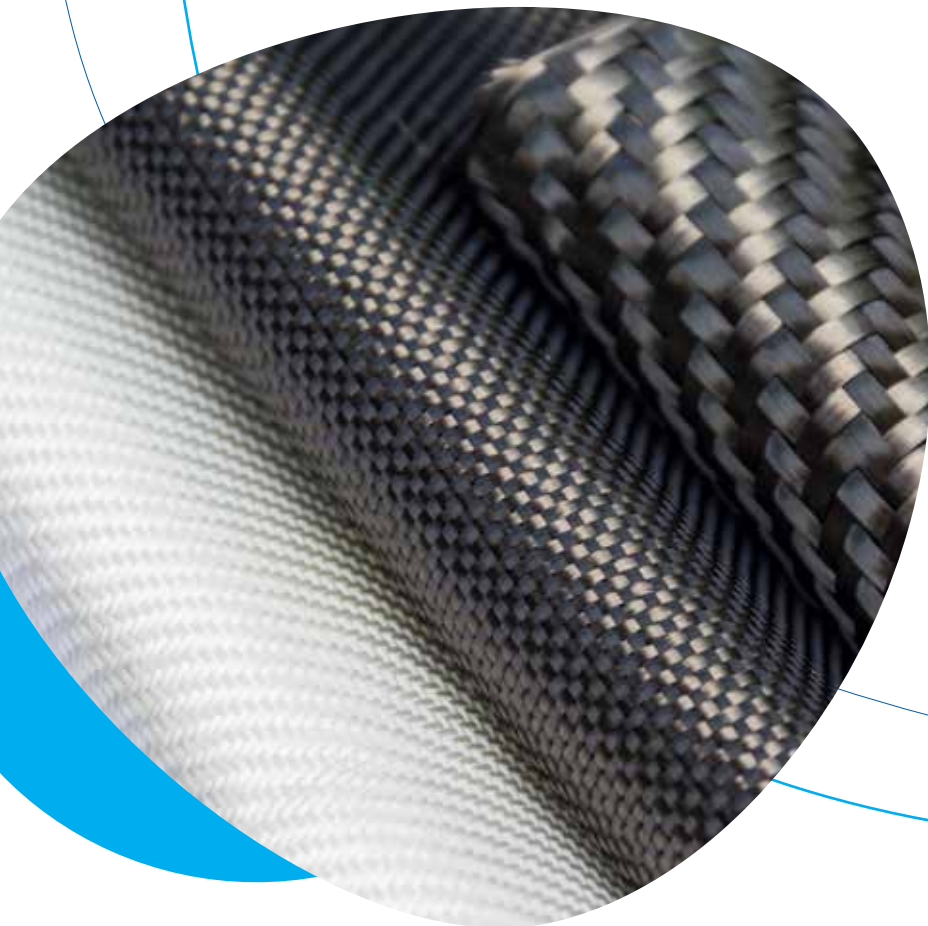




应用信息

偶联剂：增强复合材料链中最薄弱的环节

目录

- 03 介绍
- 04 界面决定性能
- 05 偶联剂的一般结构及作用机制
- 06 浇注应用示例-石英砂填充不饱和聚酯树脂体系
- 07 闭模应用示例-碳纤维增强乙烯基树脂体系
- 08 常温固化应用示例-玻璃纤维增强环氧树脂体系
- 10 适用产品组合概览
- 11 结论

介绍

风能和电动汽车的重要性日益凸显, 而市场对于可确保优异的机械性能稳定性及可靠性的轻量化解决方案也有着越来越多的需求。偶联剂可在树脂和增强材料间建立起坚固的桥梁, 从而实现材料更耐用、更持久的性能, 同时也提高了产品的设计自由度。

如需了解更多助剂和技术相关信息, 请与我们联系:
Thermosets.BYK@altana.com

界面决定性能

在我们的日常生活中,热固性复合材料已成为了不可或缺的一部分,广泛应用于卫生洁具或运动器材等成熟的产品中。而随着技术的发展革新,这些材料也被应用于更复杂系统的关键部件,例如风力涡轮机和电动汽车。

许多情况下,复合材料由交联有机聚合物(基体)和无机材料(例如颗粒填料或纤维)组成。无机材料作为填料不仅更具成本效益,其优势也体现在提高最终复合材料的表面质量、阻燃性或耐磨性。纤维材料(例如玻璃纤维或碳纤维)则有助于大幅提高复合材料的机械性能,如拉伸强度、弯曲强度和剪切强度,同时相较于非复合材料可减轻最终产品的重量。因此,没有此类无机增强材料,就无法制造出能够实现减少排放、提高燃油效率及使用再生能源的轻质材料。

尽管复合材料中的无机成分具有各种优势特性,但基体(树脂)和无机部分之间的界面则可能成为整个体系中最薄弱的环节,并限制了最优性能的实现。针对此类边界效应,可选择改善单一组分,例如树脂、填料或纤维,但对于每个单独组分进行优化则存在着一定的限制。考虑到有机/无机边界的相关性,改善树脂基体和分散相(填料、纤维)之间的连接,可有效提高机械性能。实现所需偶联性的一种简单方法就是添加可与树脂交联,并与填料或纤维形成耦合的助剂。此类助剂称为偶联剂。



偶联剂的一般结构及作用机制

偶联剂与填料/纤维表面建立牢固的耦合,并在热固化过程中交联至基体中,从而为有机树脂基体和颗粒填料或纤维材料之间提供有效的连接功能。配方中有机和无机组分之间的紧密连接可有效提高所制造复合材料的机械性能。为提高有效性,偶联剂需用于复合材料体系中最薄弱的边界,即填料/纤维和树脂之间的界面 (G. 01)。也就是说,如果材料失效是因为树脂或无机成分的内聚断裂,则无法证明偶联剂的有效性。

一般而言,偶联剂至少包含两类官能团:

- (1)在固化过程中能够与基体共聚的反应基团,以及
- (2)能够牢固附着于颗粒或纤维表面的高度亲和基团。

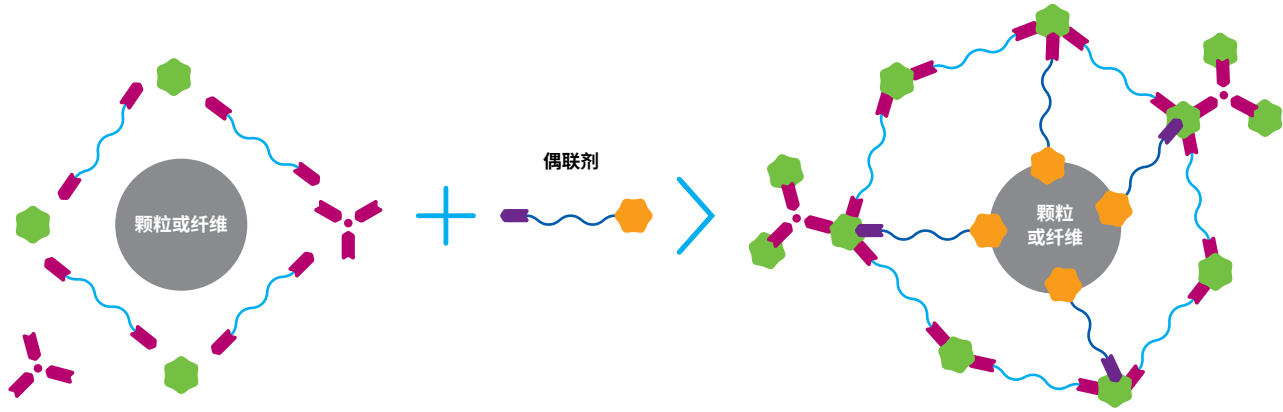
例如,在自由基固化体系(如不饱和聚酯或丙烯酸酯体系)中,偶联剂可能包含可聚合双键。如果热固性树脂体系通过双组分机制(双组分体系,如大多数环氧树脂或聚氨酯体系)固化,偶联剂则可能会与树脂或固化剂发生化学反应。

一般作用模式见 G.02,所示为固化前与固化完成后的复合材料体系。偶联剂的表面亲和基团黏附于无机组分的表面;而与此同时,偶联剂已交联至基体中。偶联剂作为基体与分散相之间的桥梁,必须针对基体与无机相的特定组合而专门设计:**不存在对任何组合都有效的通用偶联剂。**

偶联剂在复合材料中的一般作用原理



偶联剂在热固性体系中的作用机制



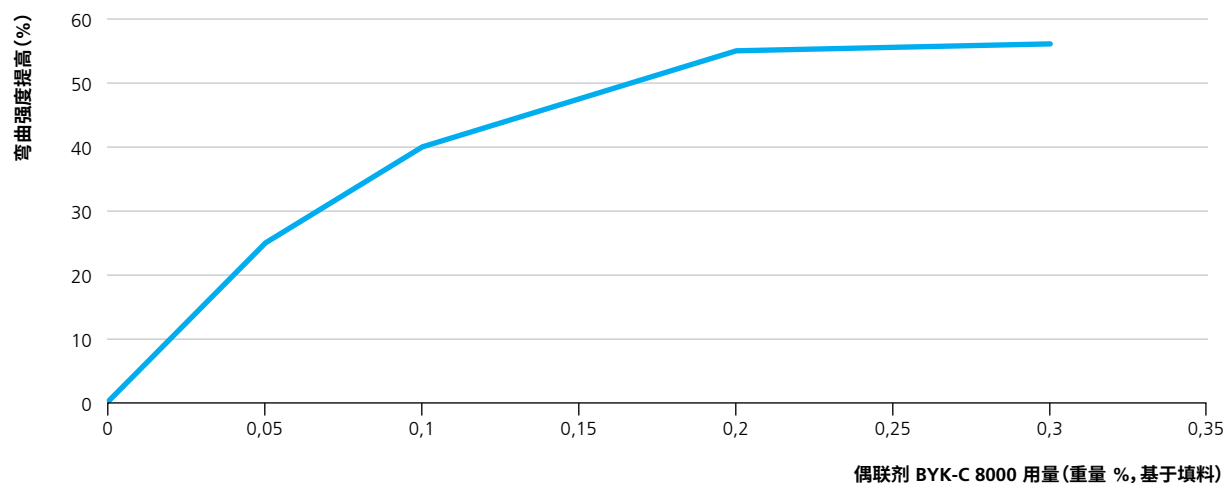
浇注应用示例 — 石英砂填充不饱和聚酯树脂体系

石英砂填充不饱和聚酯体系的典型应用包括聚合物混凝土、人造大理石和工程石。此类应用中，希望能够提升产品机械性能。或者在减少结构部件的厚度的同时保持相同水平的机械性能（节省材料、降低成本）。以上两个需求都可通过偶联剂来实现。如 G.03 所示，使用低至 0.2 wt. %（基于填料）的偶联剂即可显著提高弯曲强度。一旦偶联剂实现了理想数量的连接点后，继续增加用量则不会带来更高的机械性能。

通过显微成像 (G. 04) 也可观察偶联效果：使用偶联剂可使树脂体系内孔隙最小化，树脂和填料以稳固的方式相互连接。

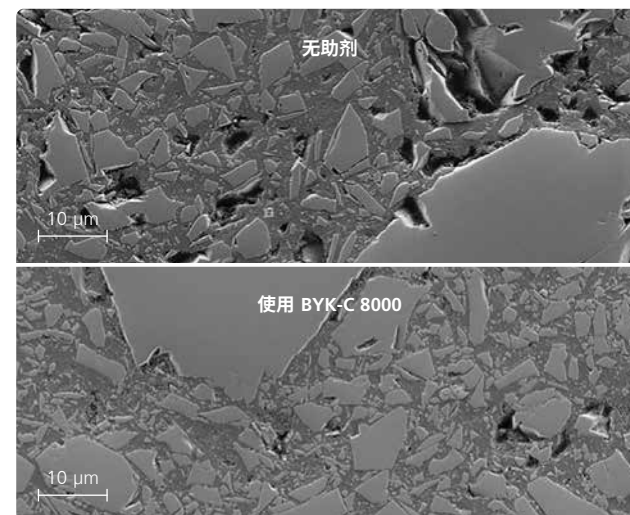
采用偶联剂增强的体系除了提高机械性能之外，还可提供其它优势，包括提高耐热水和耐化学品的性能。此类优势可延长结构部件的使用寿命，并可最大限度减少暴露于高湿度和高温度中时鼓包的形成。

石英砂填充不饱和聚酯树脂体系弯曲强度的相对提高与偶联剂添加量的关系



G.03

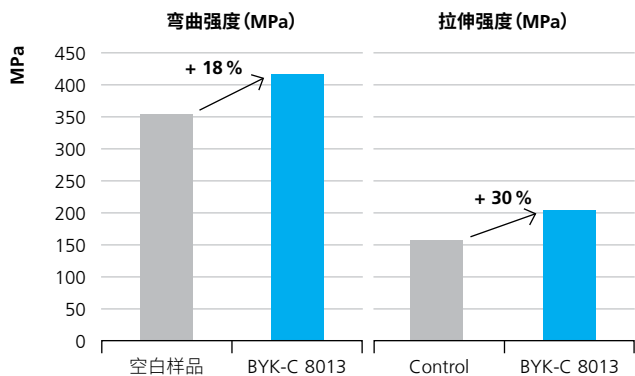
使用与不使用偶联剂 BYK-C 8000 的情况下，石英砂填充不饱和聚酯树脂暴露于热水后的电子显微镜像



G.04

闭模应用示例 — 碳纤维增强乙烯基树脂体系

短切碳纤维增强乙烯基树脂体系中机械性能的增强



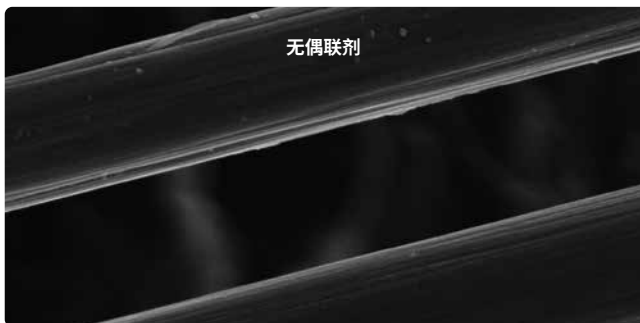
G.05

碳纤维增强塑料通常用于同时满足复合材料高强度和轻量化需求的应用中,例如航空航天以及通用汽车工业、电动汽车和风能应用。这些行业中,经常采用诸如RTM工艺、预浸料、拉挤成型或SMC技术,与各类树脂基体体系相结合生产复合材料。

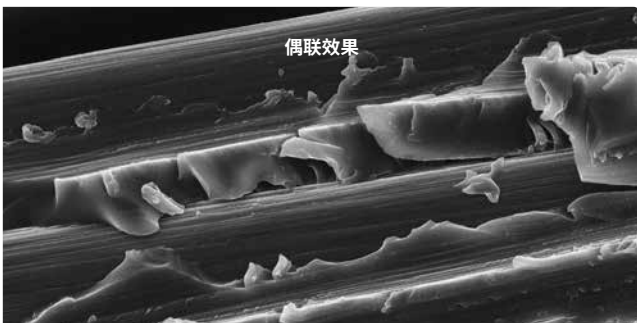
合适的偶联剂可改善短切纤维和织物的弯曲及拉伸强度 (G. 05)。

与颗粒填料类似,纤维增强体系机械性能的改善也可通过电子显微镜观察到 (G.06):无偶联剂的情况下,材料破坏后纤维表面仅能检测到少量树脂残留物;这清楚的表明了纤维和基体之间的粘合性比较差。相反,在添加合适偶联剂的情况下,可以在纤维表面观察到大量的树脂残留物。某些情况下,使用偶联剂可在碳纤维与基体间形成极强的粘合力,以至于发生纤维断裂 (G. 07)。

偶联效果

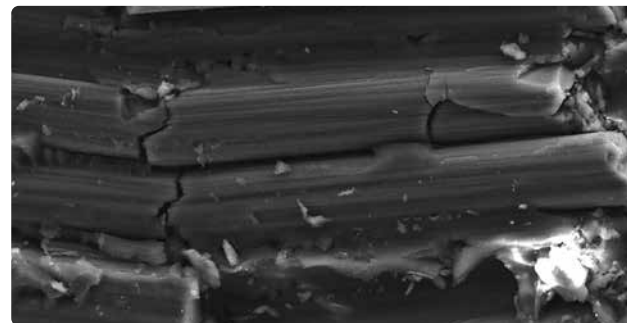


粘合失效



基体断裂

纤维断裂而非粘合界面断裂导致材料破坏的电子显微镜像



G.06

G.07

常温固化应用示例 — 玻璃纤维增强环氧树脂体系

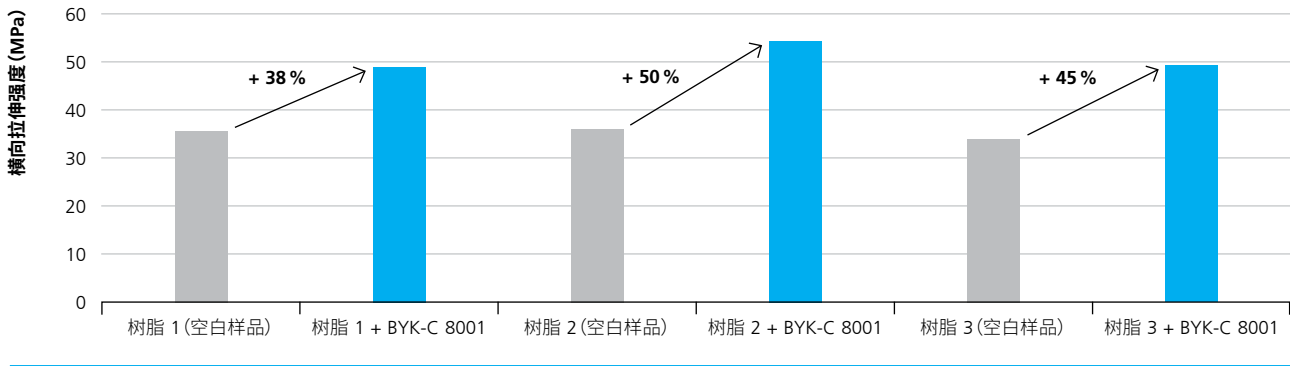
复合材料的机械性能一般通过纤维的使用得以改善,最常用于增强复合材料的纤维材料为玻璃纤维。此类玻璃纤维增强体系的应用常见于风能、船舶、运动休闲、卫浴及建筑部件。碳纤维增强材料可通过添加合适的偶联剂显著提高横向拉伸强度。G.08 中显示了不同树脂体系中机械性能的提高。

添加偶联剂也可改善抗疲劳性能,使得最终产品更可靠,使用寿命更长。因此,偶联剂不仅可提高整个体系的性能,而且显著的提高了产品的可持续性。

尽管玻璃纤维可带来总体性能的改善,但玻璃纤维上浆剂会随时间发生老化,从而导致最终体系的性能下降。同样的,偶联剂也可帮助抵消此类老化过程,使复合材料产生类似原始纤维材料的性能。由于成品零件和最终结构的机械性能具有更高的可靠性及更低的批次差异,偶联剂的效果还可帮助复合材料的制造,提高其工艺稳定性 (G. 09)。

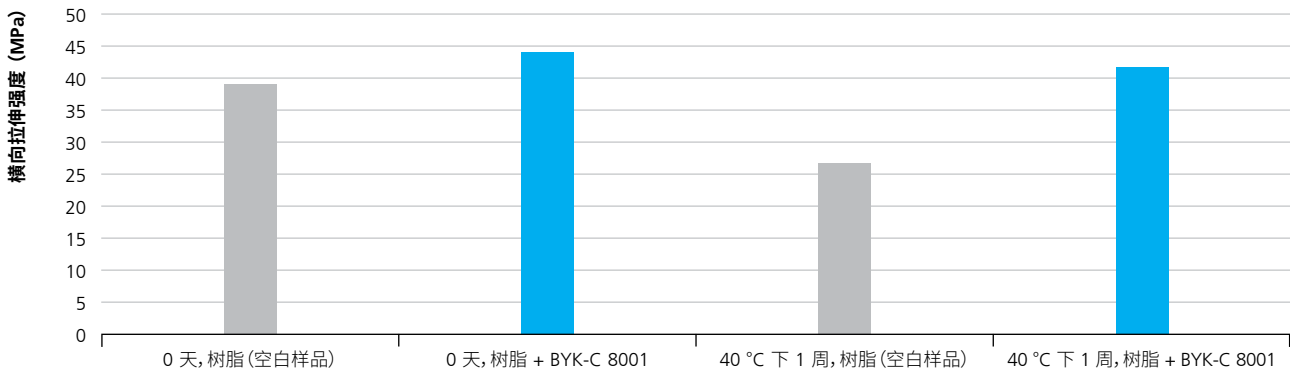


不同玻璃纤维增强环氧树脂复合材料横向拉伸强度的提高



G.08

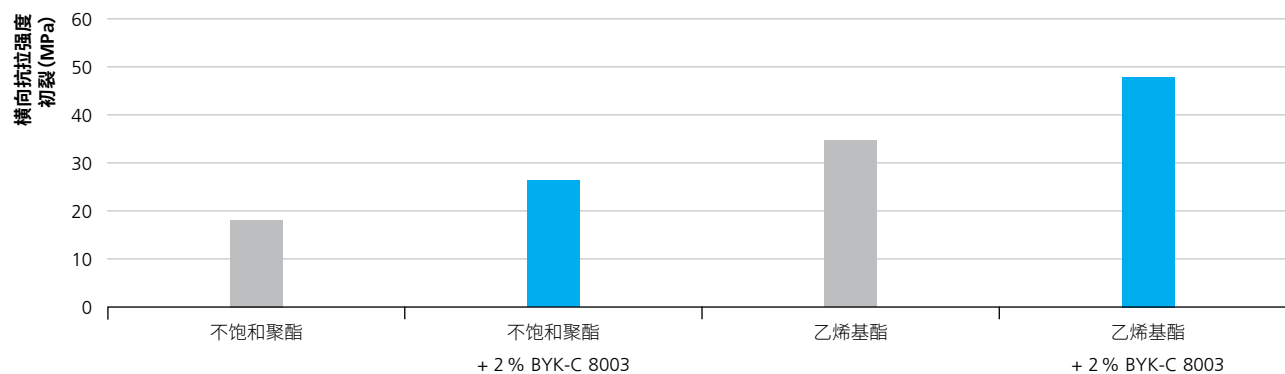
玻璃纤维增强环氧树脂高温老化前后的横向拉伸强度



G.09

偶联剂还可改善自由基固化体系的机械性能。添加偶联剂可使体系根据性能要求进行调整,即使是超过材料典型数据的性能也可实现(G.10)。标准不饱和聚酯树脂体系的材料性能可接近乙烯基酯树脂体系性能,而乙烯基酯树脂体系的机械性能也可进一步优化。

使用和不使用偶联剂的情况下,不同自由基固化体系的横向拉伸强度



G.10



适用产品组合概览

不同的树脂体系具有众多不同的固化机制和特性，其中大部分可与不同的填料和/或纤维结合。从而产生大量的材料组合类型，因此也有着众多可能的界面组合类型。为确保所有增强材料/基体组合的良好粘合连接，我们将各种偶联剂进行了分类。下表中总结了适用于不同体系的偶联剂，以改善机械性能并减少质量波动。

推荐用于不同树脂与增强材料组合的偶联剂

作用机制	树脂体系	二氧化硅	氢氧化铝	玻璃纤维	碳纤维
自由基固化	UP, VE	BYK-C 8000		BYK-C 8003	MgO 增稠体系： BYK-C 8013 异氰酸酯增稠体系： BYK-C 8014
	丙烯酸酯	BYK-C 8000	BYK-C 8002	BYK-C 8003	BYK-C 8013
加聚作用	环氧树脂	BYK-C 8001*		BYK-C 8001*	

*BYK-C 8001 已通过 DNV-GL TA-DNVGL-CP-0089-07147 认证。

T.01



结论

复合材料制造的关键目标是优化其机械性能。一般可通过优化单个材料来实现, 尽管可选择优化树脂、填料或纤维等单一材料, 但对最终复合材料整体性能的影响都非常有限。另一种方法则是优化树脂基体和具有增强作用的分散相(填料、纤维)之间的连接。实现所需性能提升的简单方法就是使用可与树脂交联, 并同时与填料或纤维形成耦合的助剂。此类助剂称为偶联剂; 其结构需根据基体和分散相的化学性质进行选择。BYK-C 8000 系列偶联剂可在树脂和增强材料间建立牢固的连接, 从而使复合材料更加持久耐用, 并实现更高的产品设计自由度。

偶联剂必须根据特定基体/增强材料的组合来调整定制官能团, 所改善的性能对于提高某些应用体系的性价比至关重要。因此, 偶联剂同时提供了创新的技术方案和极高的成本优势。

偶联剂可广泛使用于多种体系, 包括环氧树脂、不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂和丙烯酸酯树脂, 结合石英砂、氢氧化铝、玻璃纤维及碳纤维等不同种类的无机增强材料。

我们提供多种偶联剂产品, 以涵盖各种功能多样的基体/增强材料组合。系列产品中已有第一款偶联剂通过德国劳氏认证(DNV GL); 这也使最终客户在使用偶联剂时, 不会对现有认证产生影响。

使用偶联剂可有效改善多种材料性能, 包括拉伸强度、弯曲强度、断裂伸长率和疲劳等重要性能。

偶联剂可在生产过程的不同阶段使用, 例如 (i) 增强材料生产过程中(填料及纤维的表面处理), (ii) 树脂生产过程中(树脂配方助剂), 以及 (iii) 复合材料生产过程中(例如二次上浆, 应用之前或期间直接使用)。因此, 产业链上的所有参与者均可使用偶联剂以实现先进技术和产品的差异化, 包括填料及纤维制造商、树脂厂和复合材料生产商。



上海总部:
86-21-3749 8888
北京:
86-10-5975 5581
广州:
86-20-3221 1601
台湾:
886-3-357 0770

info@byk.com
www.byk.com

ADD-MAX®, ADD-VANCE®, ANTI-TERRA®, AQUACER®, AQUAMAT®, AQUATIX®, BENTOLITE®, BYK®, BYK-AQUAGEL®, BYK-DYNWET®, BYK-MAX®, BYK-SILCLEAN®, BYKANOL®, BYKCARE®, BYKETOL®, BYKJET®, BYKO2BLOCK®, BYKONITE®, BYKOPLAST®, BYKUMEN®, CARBOBYK®, CERACOL®, CERAFAK®, CERAFLLOUR®, CERAMAT®, CERATIX®, CLAYTONE®, CLOISITE®, DISPERBYK®, DISPERPLAST®, FULACOLOR®, FULCAT®, GARAMITE®, GELWHITE®, HORDAMER®, LACTIMON®, LAPONITE®, MINERPOL®, NANOBYPK®, OPTIBENT®, OPTIFLO®, OPTIGEL®, POLYAD®, PRIEX®, PURABYK®, PURE THIX®, RECYCLOBLEND®, RECYCLOBYK®, RECYCLOSSORB®, RECYCLOSTAB®, RHEOBYK®, RHEOCIN®, RHEOTIX®, SCONA®, SILBYK®, TIXOGEL® 和 VISCOBYK® 是毕克化学集团的注册商标。

本资料是根据我们目前掌握的知识和经验。这些信息仅描述了我们的产品性能,但不从法律意义上对产品性能作担保。我们建议先对我们的产品做测试来确定其能否达到您预期的使用效果。对于本资料所提及的任何产品、数据或信息,或上述产品、数据或信息可在不侵犯第三方知识产权下使用,我们不提供任何形式的担保,明示或暗示的保证,包括适销性或针对特定用途的担保。我们保留因科技发展或深入研发而作出更改的权利。

此版本取代所有之前的版本 - 中国印刷

