

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C08G 59/40 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480015147.2

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 100560633C

[22] 申请日 2004.5.28

[21] 申请号 200480015147.2

[30] 优先权

[32] 2003.5.30 [33] DE [31] 10324486.7

[86] 国际申请 PCT/EP2004/005787 2004.5.28

[87] 国际公布 WO2004/106402 德 2004.12.9

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.30

[73] 专利权人 澳泽化学特罗斯特贝格有限公司

地址 德国特罗斯特贝格

[72] 发明人 B·安特尔曼 S·胡贝尔

T·居特内尔

[56] 参考文献

CN1346375A 2002.4.24

JP10-182794A 1998.7.7

A study on properties of epoxy resin toughened byfunctionalized polymer containing rigid, rod-like moiety. ZHANG B. L ET AL. EUROPEAN POLYMER JOURNAL, Vol. 36 No. 1. 2000

脲衍生物对环氧树脂/双氰双胺固化体系潜伏性促进作用研究. 黄吉甫等. 高分子学报, 第3期. 1989

审查员 郑 君

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 刘明海

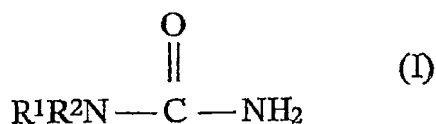
权利要求书 1 页 说明书 11 页

[54] 发明名称

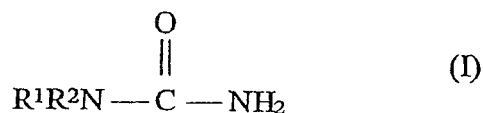
脲衍生物作为环氧树脂用促进剂的用途

[57] 摘要

本发明描述了通式(I)的不对称取代的脲衍生物作为促进剂与作为潜固化剂的双氰胺组合用于基于未卤代或卤代的 A 或 F 型双酚以及基于间苯二酚或四苯酚基乙烷的环氧树脂体系的用途, 其中 R¹ 和 R² 各自独立地为具有 1-4 个碳原子的直链或支化的脂族烃基。本发明提出的促进剂/固化剂组合的优点是, 例如优异的反应性和很好的存储稳定性。此外, 相应固化的树脂的机械性能也同样突出。



1. 通式 (I) 的不对称取代的脲衍生物作为促进剂与作为潜固化剂的双氰胺组合用于基于未卤代或卤代的 A 或 F 型双酚或基于间苯二酚或四苯酚基乙烷的环氧树脂体系的用途,



其中 R^1 和 R^2 各自独立地为具有 1-4 个碳原子的直链或支化的脂族烷基。

2. 权利要求 1 的用途, 其特征在于使用 N,N-二甲基脲作为脲衍生物。

3. 权利要求 1 或 2 的用途, 其特征在于脲衍生物以基于环氧树脂计的用量为 0.5 重量% - 15 重量% 使用。

4. 权利要求 1 或 2 的用途, 其特征在于双氰胺以基于环氧树脂计的用量为 1 重量% - 15 重量% 使用。

5. 权利要求 1 或 2 的用途, 其特征在于环氧树脂的固化反应在温度为 70-220℃ 下进行。

6. 权利要求 5 的用途, 其特征在于环氧树脂的固化反应在温度为 80-160℃ 下进行。

7. 权利要求 1 或 2 的用途, 其特征在于脲衍生物和双氰胺具有的平均粒度为 0.5-100 μm 。

8. 权利要求 1 或 2 的用途, 其特征在于将脲衍生物与作为潜固化剂的双氰胺组合用于纤维复合材料、粉末涂料、电工用层压板和粘合剂领域中环氧树脂的热固化。

脲衍生物作为环氧树脂用促进剂的用途

由于环氧树脂突出的性能如高冲击强度和耐磨强度和良好的耐化学品性，环氧树脂的使用非常普遍并且在许多领域中均得到使用。环氧树脂显示出突出的粘附性和电绝缘能力。它们例如用作例如风力设备的建造中的纤维复合材料用的基体，并且在航空领域中用作结构部件。在电子工业中它们用作印刷电路板中的电工用层压板。此外，它们广泛用作结构粘合剂、浇铸清漆和粉末涂料用树脂。

环氧树脂的固化按照多种机理进行。除了采用酚类或酸酐固化以外，非常常见地描述采用胺类的固化以使环氧基交联。在此，添加化学计量量的氢原子，如其例如可由双官能胺提供。另一种机理描述了引发剂或促进剂与环氧基反应，在此形成高反应性中间体，所述中间体能够与另外的环氧基反应而不需要另外的交联剂。引发剂还可降低交联剂或固化剂分子的反应的活化能，使得显著降低固化温度。具有上述性能的化合物通常为叔胺、咪唑或取代的脲，其可例如降低双氰胺的固化温度。

为了抑制过早的反应，通常刚好在固化和加热之前才将环氧树脂配方中的单个组分混合在一起。在此情况下，将树脂和，与其分开地，由固化剂和促进剂形成的混合物结合，然后通过加热使之反应。这种双组分混合物的缺点是较短的有效使用期，即较短的可加工该混合物的时间。同样，混合方面的缺陷可能导致不均匀的产品并因此产生令人不满意的结果。除了树脂和另外的成分（如填料、触变剂、颜料等等）以外，单组分混合物还包含一种室温下潜伏的固化剂并且它们具有明显较长的有效使用期，且为其固化而需要升高的温度，特别是高于 100℃，和多数情况下较长的固化时间。潜固化剂的典型实例为双氰胺（参见，EP 148 365A1、US 2,637,715B1）。为了克服上述缺点，将化学上潜伏的促进剂添加到这样的单组分混合物中，其中容忍在存

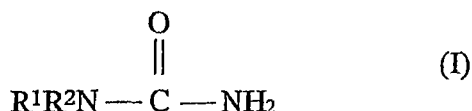
储稳定性和加工时间方面的削减，以便降低固化温度。这种潜促进剂的实例特别包括乌龙（Uron），如 3-(3,4-二氯苯基)-1,1-二甲基脲（敌草隆（Diuron））（参见，GB1,153,639A1、GB1,293,142A1、US3,386,956B1、US6,231,959B1）。这些化合物通常是指 1,1-二烷基-3-芳基脲，其中芳族化合物可为取代或未取代的，或者被氢化。在升高的温度下这些化合物释放出二甲基胺和异氰酸芳酯，其两者协同促进了用双氰胺的固化反应。因此，可以在明显较低的温度下固化。乌龙的上述离解开始并因此交联反应开始时的温度取决于取代基的类型。同时发现，开始固化时的温度越低，在低于固化温度的温度下所述混合物的稳定性也越低。

迄今所使用的芳基取代的乌龙在混合物中仅具有有限的稳定性，即继续需要一种新型的促进剂，所述促进剂具有与高反应性相结合的长久的存储稳定性和加工稳定性的能力。另外，由于添加促进剂，固化的塑料的机械性能不应该受到显著损害。

许多种用作潜促进剂的化合物在常用溶剂中显示出不足的溶解性，因而明显减小了其应用范围，特别是在需要均一反应的领域中。一些所使用的乌龙促进剂是卤素取代的，这还限制了其在电子工业领域中的应用。

因此，本发明的目的是提供用于环氧树脂体系的潜促进剂，其不具有现有技术中的所述缺点。所述潜促进剂意思是指加入到树脂-固化剂混合物中的添加剂，其尽可能不降低有效使用期，即混合物为可加工状态时所处的时间段，并且同时促进反应性，即较高温度下的交联。因此，期望能实现尽可能长久的加工持续时间的化合物。用于环氧树脂体系的本发明促进剂因而应该具有高反应性和在室温下或在低于固化温度的温度下非常好的储存稳定性并且此外应该尽可能是无卤素的或毒理学上毫无疑问的。

上述目的已根据本发明通过使用通式(I)的不对称取代的脲衍生物作为促进剂而实现，



其中 R^1 和 R^2 各自独立地为具有 1-4 个碳原子的直链或支化的脂族烷基。

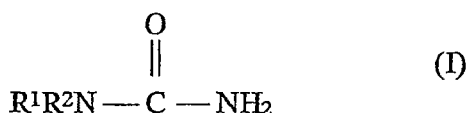
R^1 和 R^2 可以是, 例如甲基、乙基、丙基和丁基。所述脲衍生物的实例为, 例如 N,N-二乙基脲、N,N-二丙基脲、N,N-乙基甲基脲和 N,N-二甲基脲。优选的脲衍生物为 N,N-二甲基脲。

已令人惊奇地表明, 根据本发明提出的促进剂不仅具有很好的反应性和存储稳定性, 而且对固化材料的机械性能未施加丝毫负面影响。

虽然按 JP-OS 79-26000 建议了二甲基脲作为促进剂与双氰胺组合用于氨基甲酸酯改性的环氧树脂体系的用途, 但是, 这种配方中的存储稳定性仅与使用 (1,1'-亚甲基二对亚苯基) 双 (3,3'-二甲基脲) (= MDI 乌龙) 达到的存储稳定性是可比的。令人惊奇的是, 在根据本发明所要求保护的环氧树脂体系中采用不对称取代的脲衍生物, 可以获得比采用 MDI 乌龙可以实现的存储稳定性明显更好的存储稳定性。

另外, JP-OS 81-133856 中描述了将 N,N-二甲基脲与酚醛清漆树脂的组合作为半导体体系领域中环氧树脂体系用固化剂, 从该文献中找不到关于 N,N-二甲基脲对相应的环氧树脂配方的存储稳定性的影响的任何暗示。

根据本发明, 与作为潜固化剂的双氰胺组合使用的促进剂为通式 (I) 的不对称取代的脲衍生物



其中 R^1 和 R^2 各自独立地为具有 1-4 个碳原子的直链或支化的脂族烷基。

在这一点上, 适合的是甲基、乙基、丙基和丁基, 其可以是直链的或,

适当的话,也可以是支化的。本发明的脲衍生物的实例为 N,N-二甲基脲、N,N-二乙基脲、N,N-二丙基脲和 N,N-乙基甲基脲。优选使用脲衍生物 N,N-二甲基脲。

应视为对于本发明而言重要的是将本发明提出的不对称取代的脲衍生物与双氰胺的组合用于如下环氧树脂体系:基于非必要卤代的 A 或 F 型双酚以及基于间苯二酚或四苯酚基乙烷的环氧树脂。

基于双酚 A 和 F 的环氧树脂主要用于纤维复合材料、粘合剂领域,以及在较高分子量形式下用作粉末涂料中的固体树脂。

在电工用层压板领域中,期望固化环氧树脂显示出特别的防火性和高的耐温性。为此,主要使用卤代的双酚 A 体系,例如四溴双酚 A 衍生物或其三氟甲基取代的变体。

例如采用基于间苯二酚和四苯酚基乙烷的环氧树脂生产特别防火的复合材料。

双氰胺和脲衍生物相对于相应的环氧树脂的用量比例可以在宽限度内变化。但是,已证明特别有利的是使用基于环氧树脂计的用量为约 1 重量%-15 重量%,优选约 2 重量%-12 重量%,特别优选约 2 重量%-8 重量%的双氰胺。使用基于环氧树脂计的用量为约 0.5 重量%-15 重量%,优选约 1 重量%-12 重量%的脲衍生物。特别优选的用量为约 1 重量%-10 重量%,基于环氧树脂计。

根据一个优选的实施方案,脲衍生物和双氰胺以尽可能细分的形式使用,其中各组分的优选平均粒度为约 0.5-100 μm ,特别是约 10-50 μm ,更优选约 2-10 μm 。本发明提出的促进剂和固化剂与各自的环氧树脂的固化反应可以根据常规方法进行,其中固化在温度为约 70-220 $^{\circ}\text{C}$,特别是约 80-160 $^{\circ}\text{C}$ 下进行。

本发明要求保护的作为促进剂的脲衍生物和作为潜固化剂的双氰胺的组合突出地适用于,例如纤维复合材料、粉末涂料、电工用层压板和粘合剂领域中环氧树脂的热固化。

本发明的促进剂/固化剂组合的优点是优异的反应性和很好的存储稳定性。令人惊奇的是,相应固化的树脂的机械性能也同样是突出

的并且与已经使用的封端促进剂 UR 200 (敌草隆) 和 UR 300 (非草隆 (Fenuron)) 的机械性能是可比的。

基于这些很好的应用技术性能和低毒性, 本发明提出的固化剂/促进剂体系突出地适用于工业使用。

以下实施例意于更详细解释本发明。

实施例

实施例中使用如下产品和材料:

环氧树脂:

Epikote 828 (Resolution 公司): 双酚 A 树脂, EEW 185

DER 664 UE (Dow 公司): 固体树脂, EEW 910 (树脂)

固化剂:

Dyhard 100 S (Degussa 公司): 微粉化双氰胺, 粒度 98% < 10 μm , 50% 约 2.5 μm (Dyh 100 S)

促进剂:

Dyhard UR 200 (Degussa 公司): 微粉化敌草隆或 3-(3,4-二氯苯基)-1,1-二甲基脲, 粒度 98% < 10 μm , 50% 约 2.5 μm (UR 200)

Dyhard UR 300 (Degussa 公司): 微粉化非草隆或 3-苯基-1,1-二甲基脲, 粒度 98% < 10 μm , 50% 约 2.5 μm (UR 300)

Dyhard UR 500 (Degussa 公司): 微粉化 TDI 乌龙或甲苯甲酰基双-1,1-二甲基脲, 粒度 98% < 10 μm , 50% 约 2.5 μm (UR 500)

Dyhard MIA 5 (Degussa 公司): 微粉化的甲基咪唑在双酚 A 树脂上的加合物 (Epikote 828), 粒度 98% < 70 μm

N,N-二甲基脲或 1,1-二甲基脲 (Merck 公司): 经在实验室中研磨, 粒度 98% < 10 μm , 50% 约 2.5 μm (1,1-DMH)

N,N-二乙基脲或 1,1-二乙基脲 (Merck 公司): 经在实验室中研磨, 粒度 98% < 10 μm , 50% 约 2.5 μm (1,1-DEH)

MDI 乌龙, (1,1'-亚甲基二对亚苯基) 双 (3,3'-二甲基脲), 由 MDI (1,1'-亚甲基二对亚苯基) 二异氰酸酯和二甲基胺通过已知方法

制备（例如，EP 402 020 A1、CS 233 068B1）并且随后在实验室中将其研磨，粒度 98 % < 10 μm ，50 % 约 2.5 μm

添加剂：

Lanco Wax TPS-040（Lubrizol 公司），在实验室中微粉化，98 % < 80 μm

实施例 1（本发明）：

在每种情况下生产 5g 相应于表 1 中从左边起第二栏（“组分”）中的组成的配方，该配方由双酚 A 树脂（Epikote 828，EEW 185）、作为固化剂的 Dyhard 100 S 和本发明的促进剂 1,1-二甲基脲（1,1-DMH）或 1,1-二乙基脲（1,1-DEH）组成，以及作为与此比较，相应于表 2 中从左边起第二栏（“组分”）中的组成并且包含非本发明的乌龙标准促进剂 Dyhard UR200（敌草隆）和 UR 300（非草隆）的配方。在每种情况下于规定温度下测量凝胶时间并且通过 DSC 测定反应性。

作为用于测定峰值温度（DSC 峰值）的温度程序，在速率为 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 下从 30 $^{\circ}\text{C}$ 加热到 350 $^{\circ}\text{C}$ 。反应的起始点（DSC 起始点（onset））由相同的测量通过向反应峰施加切线而测定。

为了测定玻璃化转变温度（ T_g ），采用在 120 $^{\circ}\text{C}$ 下进行凝胶时间测定的材料。配方通过加热到 200 $^{\circ}\text{C}$ （温度程序：30-200 $^{\circ}\text{C}$ ，加热速率 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ）并且保持该温度 30 分钟而完全固化。在冷却至室温（RT）之后，将样品在加热速率为 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 下从 30 $^{\circ}\text{C}$ 加热至 200 $^{\circ}\text{C}$ ，并由此测定 T_g 。

表 1:

试验	组分 (重量份)	DSC (峰值)	DSC (起始点)	150℃下的 凝胶时间	120℃下的 凝胶时间	Tg
1.1	树脂: Dyh100S: 1,1-DMH 100: 6: 1	163, 7℃	153, 2℃	3min. 33sec.	28min.	140, 3℃
1.2	树脂: Dyh100S: 1,1-DMH 100: 6: 3	154, 6℃	142, 4℃	2min. 40sec.	13min. 30sec.	127, 1℃
1.3	树脂: Dyh100S: 1,1-DMH 100: 6: 5	150, 8℃	137, 2℃	2min. 01sec.	10min.	120, 3℃
1.4	树脂: Dyh100S: 1,1-DEH 100: 6: 1	180, 3℃	171, 2℃	10min. 07sec.	56min.	152, 4℃
1.5	树脂: Dyh100S: 1,1-DEH 100: 6: 3	174, 5℃	165, 1℃	6min. 28sec.	35min.	131, 8℃
1.6	树脂: Dyh100S: 1,1-DEH 100: 6: 5	170, 7℃	160, 5℃	5min. 13sec.	28min.	118, 0℃

表 2:

实施例 (非本发明):

试验	组分 (重量份)	DSC (峰值)	DSC (起始点)	150℃下的 凝胶时间	120℃下的 凝胶时间	Tg
1.7	树脂: Dyh100S: UR200 100: 6: 1	160, 7℃	151, 1℃	2min. 47sec.	12min	150, 4℃
1.8	树脂: Dyh100S: UR200 100: 6: 3	154, 0℃	145, 9℃	2min. 06sec.	8min.	134, 7℃
1.9	树脂: Dyh100S: UR200 100: 6: 5	150, 9℃	143, 5℃	1min. 57sec.	7min.	123, 2℃
1.10	树脂: Dyh100S: UR300 100: 6: 1	157, 6℃	149, 3℃	2min. 23sec.	12min.	146, 2℃
1.11	树脂: Dyh100S: UR300 100: 6: 3	152, 1℃	144, 9℃	1min. 51sec.	7min. 30sec.	130, 7℃
1.12	树脂: Dyh100S: UR300 100: 6: 5	148, 8℃	142, 0℃	1min. 51sec.	5min. 30sec.	118, 4℃

比较这两个表 1 和 2, 可以明显看出, 用作促进剂的 1,1-二甲基脲的反应性完全可与乌龙系列的标准促进剂相比。这也在稍微较低的程度适用于 1,1-二乙基脲。采用二烷基脲促进剂固化的材料的玻璃化转变温度也在采用标准促进剂 Dyhard UR 200 和 UR 300 可获得的数值范围内。特别是在添加较大量的促进剂时, 在本发明的材料的情况下 Tg 降低的趋势表现得较不强烈。

实施例 2

潜伏性试验:

在每种情况下, 向由 100 重量份双酚 A 环氧树脂 (Epikote 828, EEW 185) 和 6.5 重量份 Dyhard 100 S 组成的配方中添加在表 3 和 4 中所指出的用量的潜促进剂。在各自温度 (40℃或 23℃) 下规定的存储持续时间之后, 在每种情况下使用 Haake 粘度计测定粘度。粘度值列于表 3 和 4 的第 3-8 栏中。

表 3:

试验	40℃下的 存储持续 时间 (d)	1 重量份 1,1-DMH (Pa*s)	3 重量份 1,1-DMH (Pa*s)	5 重量份 1,1-DMH (Pa*s)	1 重量份 MDI 乌龙 (Pa*s)	3 重量份 MDI 乌龙 (Pa*s)	5 重量份 MDI 乌龙 (Pa*s)
2.1	0	43	45	47	51	72	89
2.2	4	40	43	50	53	57	58
2.3	8	37	43	47	63	68	76
2.4	11	38	43	49	72	88	96
2.5	15	42	41	50	102	117	130
2.6	18	46	51	53			
2.7	22	54	49	62	212	347	508
2.8	25	55	58	56	固体	固体	固体
2.9	29	67	64	61			
2.10	32	63	66	60			
2.11	39	87	73	81			
2.12	43	160	102	101			
2.13	46	217	133	106			
2.14	50	545	143	116			
2.15	53	618	190	137			
2.16	57	固体	348	230			
2.17	60		421	298			
2.18	64		固体	445			
2.19	67			471			

如由表 3 可清楚地看出, 本发明的配方关于潜伏性方面具有显著更好的性能: 当在 40℃ 下仅仅 15 天之后在采用 MDI 乌龙的配方中已出现粘度加倍时, 在 1,1-二甲基脲的情况下这是在约 40 天之后才发生的情况。对于 MDI 乌龙而言, 配方的可加工性低于 25 天, 而对于采用 1,1-二甲基脲的配方而言可加工性为其 2 倍多 (多于 50 天)。

表 4:

试验	23℃ 下的 存储持续 时间 (d)	1 重量份 1,1-DMH (Pa*s)	3 重量份 1,1-DMH (Pa*s)	5 重量份 1,1-DMH (Pa*s)	1 重量份 MDI 乌龙 (Pa*s)	3 重量份 MDI 乌龙 (Pa*s)	5 重量份 MDI 乌龙 (Pa*s)
2.20	0	43	45	47	52	73	85
2.21	6	45	48	51	83	90	96
2.22	13	52	55	59	105	125	125
2.23	20	50	57	63	148	180	182
2.24	28	66	67	86	固体	固体	固体
2.25	35	66	74	106			
2.26	41	111	119	124			
2.27	48	157	182	234			
2.28	55	186	固体	固体			
2.29	62	234					

包含 1,1-二甲基脲的配方的可加工性在室温下也显著高于含有 MDI 乌龙的配方中的可加工性。

实施例 3

N,N-二甲基脲与各种标准促进剂 (MDI 乌龙、UR 300 和 UR 500) 的比较

制备在每种情况下由 100 重量份双酚 A 环氧树脂 (Epikote 828, EEW 185)、6.5 重量份 Dyhard 100 S 和表 5 中所指出的用量的各自的促进剂构成的配方。在 40℃ 下在第二栏中所指出的存储持续时间之后, 在每种情况下使用 Haake 粘度计测定粘度。粘度值列于表 5 的第 3-6 栏中。

表 5:

试验	40℃下的 存储持续时间 (d)	3 重量份 1,1-DMH (Pa*s)	3 重量份 MDI 乌龙 (Pa*s)	3 重量份 UR 300 (Pa*s)	3 重量份 UR 500 (Pa*s)
3.1	0	45	72	45	51
3.2	4	43	57	52	120
3.3	8	43	68	固体	固体
3.4	11	43	88		
3.5	15	41	117		
3.6	18	51			
3.7	22	49	347		
3.8	25	58	固体		
3.9	29	64			
3.10	32	66			
3.11	39	73			
3.12	43	102			
3.13	46	133			
3.14	50	143			
3.15	53	190			
3.16	57	348			
3.17	60	421			
3.18	64	固体			

与乌龙系列的标准促进剂比较起来,在单组分混合物中使用 1,1-二甲基脲的优点变得更明显:在 40℃下标准产品 UR 300 和 UR 500 仅可加工最长达 1 周,而采用 MDI 乌龙的配方可加工至少是 3 周。包含二甲基脲的配方甚至可加工 7-8 周。

实施例 4

粉末涂料实施例:

将以下由表 6 中所指出的组分构成的配方 A、B、C 和 D 彼此进行比较:

表 6:

	A	B	C	D
DER 664UE, BEW 910	180g	180g	180g	180g
TiO ₂	90g	90g	90g	90g
Lanco Wax TPS-040	3g	3g	3g	3g
双氰胺				6g
Dyhard 100 S	9g	9g	9g	
Dyhard UR 300	-	-	4.5g	-
Dyhard UR 500	4.5g	-	-	-
1,1-DMH	-	4.5g	-	
Dyhard MIA 5				1.5g

将各配方均在 95℃ 下挤出。

在生产相应的粉末涂料时,在每种情况下,将粉末状的原料预混合,为了更好地均化而在 95℃ 下挤出,然后研磨,且随后用喷枪以膜层厚为 60-80 μm 施涂到钢板上并在两个不同的温度(180 和 200℃)下使其固化或交联。固化粉末涂料配方的测试结果列于表 7 中。

表 7:

	A 180℃	A 200℃	B 180℃	B 200℃	C 180℃	C 200℃	D 180℃	D 200℃
膜层厚 (μm)	78	73	80	82	83	77	65	66
流平	良好	良好	良好	良好	良好	良好	桔皮	桔皮
光泽(60°)	73.2	72.7	61	63.2	67.1	68.1	84.6	93.4
白度	89	85.3	90.3	89.3	90.8	89.5	85.5	80.8
泛黄度	-0.52	3.7	-1.6	0.44	-1.9	-0.54	2.1	7
Errichsen (杯突试验)mm	8.4	7.2	8.4	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4
轴棒弯曲 mm	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
球冲击 英寸	120	120	120	120	120	120	120	120

在粉末涂料配方中本发明的促进剂的机械性能绝对可与现有技术中的甲基咪唑加合物(Dyhard MIA 5)的机械性能相比,同时具有更低的泛黄倾向和更好的流平性能。