

润滑剂添加剂

[英] M.W. 兰奈 著

石油工业出版社

润 滑 剂 添 加 剂

[英] M. W. 兰奈 著

钱世传 李 珣 余培龙 译

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书较系统地综合介绍美国从 1970 年以来关于润滑剂添加剂制备和试验的专利文献。全书分六章，润滑油无灰分散剂和清净分散剂，有灰分散剂和清净分散剂，增粘剂和降凝剂，抗磨剂和极压剂，抗氧化剂和抗腐蚀剂以及特种润滑剂等。

本书可供炼油厂、科研和有关工程技术人员、高等院校师生参考。

润滑剂添加剂

[英] M. W. 兰奈著

钱世传 李 珣 余培龙译

*

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 13 字数 366 千字 印数 1-5,140

1980 年 2 月北京第 1 版 1980 年 2 月北京第 1 次印刷

书号 15037·2057 定价 1.60 元

目 录

引言	1
第一章 无灰分散剂和清淨分散剂	3
一、以丁二酸为基础的产品	4
1. 尿素	4
2. 二异氰酸盐	5
3. 烃基多胺	10
4. 哌啶	14
5. 硝基-亚硝基烷烃	20
6. 三嗪和亚磷酸	23
7. 多元醇和多羧酸	27
8. 磷酸酯类	30
9. 与硫磷化烃反应	31
10. 碱金属偏硼酸盐	35
11. 卤代链烯丁二酸	39
12. 白土处理	41
13. 碱性羧酸锌盐	44
14. 酚酯与环氧化物后处理产品	44
15. 含亚硫酰基的羟基化合物	46
二、改良的聚烯烃类	48
1. 用臭氧处理和与多胺反应	48
2. 硫化的化合物	52
3. 硫化作用和与多胺反应	54
4. 氧化氮处理	56
5. 聚合的磷酸酰胺	59
6. 含偶氮的聚合物	60
7. 烯烃-亚油酸-胺反应产品	61
8. 单羧酸酯-多羟醇反应产品	64
9. 酮-丙烯腈反应产品	66
三、其它油溶性分散剂	69

1. 多苯撑聚合物.....	69
2. 苯乙烯-马来酸酐共聚物	74
3. 烷氧基代叔丁基胺.....	74
第二章 有灰分散剂和清净分散剂	78
一、高碱性磺酸金属盐类	78
1. 碱土金属磷酸盐.....	78
2. 镁盐.....	81
3. 烷基丁二酸的磺化.....	82
4. 油-烷基苯掺合物的磺化	85
5. 铵盐和胺促进剂.....	85
6. 聚丁烯取代丁二酸酐促进剂.....	87
7. 反应促进剂.....	88
二、羟基芳化物的金属盐	89
1. 改良的羧酸盐.....	89
2. 硫化烷基酚钙.....	91
3. 硫化水杨酸盐类.....	92
4. 改良的硫代磷酸.....	92
5. 羟基芳化物-醛-胺反应产品.....	94
6. 氧化钙-苯酚反应用的氧催化剂	97
三、其它有灰清净分散剂	98
1. 硫化氢-醇钙反应产品	98
2. 丁二酸酯类的金属盐.....	102
3. 链烯基取代的丁二酸盐类.....	104
4. 羧酸和烷醇胺类.....	105
5. 过渡金属-氨基-二硫代磷酸盐类.....	106
第三章 粘度指数改进剂和降凝剂	110
一、粘度指数改进剂	110
1. 低分子量的乙烯-丙烯共聚物	110
2. 乙烯- α -烯烃聚合物	115
3. 乙烯-丙烯-1,4-己二烯三聚物.....	120
4. 顺式 1,4-聚丁二烯	123
5. 叔丁基- α -甲基苯乙烯.....	125

6. 加氢的丁二烯-苯乙烯共聚物	126
7. 加氢的聚乙烯环己烷-EPR 嵌段(Block)共聚物	129
8. 烷化聚苯乙烯	131
9. 聚烷基甲基丙烯酸酯和聚异丁烯混合物	132
10. 烯化聚酯	134
11. 合成酯润滑剂用的聚酯	136
二、粘度指数改进剂和分散剂	139
1. 羟基-官能丙烯酸共聚物	139
2. 乙氧基化含有甲基丙烯酸的共聚物	141
3. 丁二酰胺-丙烯酸的反应产物	145
4. 胺-改型的裂解乙烯丙烯二烯三聚物	147
5. 降解乙烯-丙烯共聚物所得的接枝共聚物	150
6. 硫磷化乙烯-丙烯-二烯三聚物	155
7. 磷酰胺 α -烯烃聚合物	159
8. 甲基乙烯基醚共聚物	160
三、降凝剂	161
1. 丁酰胺酸和乙烯-烯烃共聚物	161
2. 乙烯-乙烯基醋酸酯和乙烯- α -烯烃共聚物	166
3. 聚烷基甲基丙烯酸酯	169
4. 天然橡胶-聚二烯接枝聚合物	171
第四章 提高负荷承载能力的添加剂(增负剂)	173
一、矿物油	174
1. 有机硫化物和酯	174
2. 硫化的狄尔斯-阿德耳 (Diels-Alder) 加合物	177
3. 硫化三异丁烯	180
4. 苯并噻二唑	181
5. 石油磺酸钡和苯并三唑	184
6. 硫化氧化钼有机基二硫代磷酸盐	185
7. 二硫代磷酸铈	187
8. 二硫代磷酸铈	189
9. 仲磷基二硫代次磷酸锌盐	190
10. 二硫代磷酸金盐	191
11. 二硫代磷酸化合物的胺衍生物	195

12. 苯乙烯基二硫代磷酸酯·····	197
13. 磷酸酯表面活性剂·····	200
14. 卤代磷化物·····	200
15. 酯- P_2S_6 的反应产品 ·····	205
16. 含有氮, 磷和硫的添加剂·····	209
17. 丁二酰亚胺·····	210
18. 克罗雷狄克酸(Chlorendic acid)-胺的反应产品 ·····	211
19. 苯乙烯-马来酐共聚物的聚亚胺-胺盐·····	214
20. 类脂的抽提物·····	216
21. 卤代有机硅化合物·····	221
22. 环烷酸铅·····	223
23. 钼的络合物·····	225
24. 含结晶水的碱金属硼酸盐·····	229
25. 多用途的润滑油·····	231
二、有机酯类 ·····	234
1. 有机磷酸酯与胺和硫化异丁烯·····	234
2. 卤化烷基-取代焦磷酸 ·····	238
3. 羟基取代的磷化氧·····	242
4. 非离子型的磷酸酯表面活性剂·····	245
5. 十六烷基乙烯基醚和 N-乙烯基吡咯烷酮调聚物 ·····	247
6. 亚氨基苯基氧化物·····	249
三、硅酮油 ·····	253
1. 二-叔-壬基多硫化化合物·····	253
2. 脱氢缩合的聚有机硅酮油·····	253
3. 十二碳烯基丁二酸酐·····	256
4. 三(五氟苯基)磷化氢 ·····	257
四、聚苯基醚 ·····	259
第五章 抗氧化和抗腐蚀剂 ·····	261
一、矿物油 ·····	261
1. N-硝基苯基羟胺 ·····	261
2. 烷基酚-乙撑胺反应物的金属盐 ·····	262
3. 异吡啶满化合物·····	264
4. 二硫代磷酸-乙烯基羧酸酯加合物 ·····	266

5. 二硫代磷酸酯-醛反应物	269
6. 二硫代磷酸酯-烯化氧反应物	271
7. 二硫代磷酸和烷基丁二酸的金属盐	272
8. 偶磷亚硫酰硫化物	275
9. 含磷硅烷	277
10. 聚苯撑硫化物	278
11. 烷基水杨酸钙	280
12. 二烷基萘磺酸锌	282
13. 取代丁二酸锂盐	283
14. 对苯二酸的甲基烷基酯	286
15. 二-2-乙基己基癸二酸酯和钕皂	288
16. 双-1,3-烷基氨基-2-丙醇	289
17. 其它添加剂	289
二、有机酯	290
1. 苯邻甲内酰胺化合物	291
2. 邻氨基苯(甲)酸酯	295
3. α -甲基苯乙烯化芳胺	297
4. 芳胺和取代的二苯甲酮	302
5. N-胍基水杨酰胺盐	304
6. 氨基胍	307
7. 过氧化物处理的吩噻嗪	309
8. N-取代吩噻嗪和三嗪	311
9. 3-叔烷代吩噻嗪	312
10. 烷基化二苯胺	316
11. 4-烷基苯基-1-烷基-2-萘胺	319
12. 二苯氮杂草化合物	321
13. 氟化芳胺类	324
14. 烷基化多羟苯型化合物	326
15. 取代茛满	329
16. 二甲基十八烷基磷酸酯-芳基亚氨基二烷醇共聚物	333
17. 次磷酸的胺盐	334
18. 酞的磷酸酯类	337
19. 取代的苯并重氮硼茂	340

三、聚苯醚类	343
1. 锡化物	344
2. 苯甲酸金属盐类	346
3. 5-氨基吡唑	348
四、其它体系	351
1. 使用在氟硅酮中的双(三有机甲硅烷基)磷酸酯	351
2. 硫化三丁基锡和吩噻嗪类	352
3. 含磷的化合物	353
第六章 特种润滑剂	356
一、金属加工	356
1. 乙氧基化的脂肪胺防锈剂	356
2. 溶性油	360
3. 溶性油用的抗泡剂	362
4. 油和水基润滑剂	365
二、聚乙二醇	365
1. 抗氧化润滑剂	366
2. 聚乙二醇巯基丁二酰亚胺	368
3. 乙二胺四乙酸的聚乙二醇酯	371
三、防止磷酸酯工作液产生空腔	375
1. 有机硅化合物	376
2. 酯化合物	379
3. 低碳链烷	382
四、其它润滑剂	384
1. 两冲程发动机润滑剂的组成	384
2. 输送装置润滑剂	389
3. 冷冻机油	392
4. 防锈渗透油	393
公司索引	397
作者索引	399
美国专利号索引	404

引 言

随着汽车发动机和传动系统对润滑油，飞机和高速机械对液压油要求的提高，研究工作必须着重研究高性能的润滑油的发展。在这方面不仅包括以石油作基础油的润滑油，还包括合成润滑剂，例如目前广泛使用于喷气式飞机透平发动机上的有机酯类、硅酮油和聚苯基醚，都需要加入添加剂来改进它们在苛刻使用条件下的润滑和抗老化性能。

抗氧化剂一般为含有硫、氮、磷和某些烷基酚的有机化合物。这些化合物的作用是和润滑油氧化时所形成的初态氢过氧化物相反应。这种反应可制止在发动机中生成淤渣和漆膜的有机酸和氧化物质的连锁反应。

抗腐蚀剂在润滑蒸汽透平和液压设备的深度精制和烷烃油中使用二叔丁基甲酚和苯基-1-萘胺作添加剂，就可以降低对锌-铜巴氏合金轴承的腐蚀。在更苛刻的条件下，如内燃机中，一般是用硫代磷酸锌、钼和钙作抗腐蚀添加剂。

抗磨剂的作用是在边界润滑条件下，在金属表面按化学的或物理的吸附机理形成一层表面膜，以降低机械构件间的相互摩擦和磨损。

典型的抗磨剂为氧、硫、氯化石蜡、磷和有机铅的化合物。在液压泵、齿轮和扭力转换器中广泛地使用磷酸三甲苯酯和二烷基二硫代磷酸锌来降低磨损。如果在极压的条件下，金属与金属的接触更为苛刻，这就需使用活性硫、氯和铅的化合物作添加剂。这些添加剂能与金属表面起化学反应而形成低剪切强度的表面膜，如硫化铅、氯化铁或硫化铁。

润滑油的清静分散剂的作用是防止或去除内燃机部件的油溶性淤渣、漆膜、碳和铅的积垢。一般在轿车和柴油机机油中是使用钼和钙的磺酸盐和酚盐作清静分散剂。近年来无灰清静分散剂已获得了发

展，它是用来减少油中的低温淤渣。

许多无灰的清净分散剂为在侧链上含有极性氮原子的烷基甲基丙烯酸酯和聚丁烯基丁二酸的聚胺衍生物。这些添加剂一般是多效的，即它们除了具有清净分散性能外，还有防锈和改进润滑油的粘度指数和倾点的作用。

降凝剂一般为聚甲基丙烯酸酯聚合物，或蜡与萘或酚的缩合物所制成。降凝剂的作用是在低温下石蜡开始形成结晶时就吸附在此结晶体上，以防止其继续生长形成一种网状结构而使油丧失流动性。在飞机中使用的液压液对此类添加剂有更苛刻的要求。对某些现代的汽车在冷起动时，如油品的倾点较高就会使蓄电池中的电能消耗过大。

一般的粘度添加剂为聚甲基丙烯酸酯，聚异丁烯和聚（烷基苯乙烯）。粘度添加剂的基本作用是在维持原粘温系数的情况下提高轻质油品的粘度。

现在市场上出售的各种稠化轿车机油基本上是用上述各种添加剂调制而成的。目前研究的重点是放在维持增稠能力的情况下改进添加剂的剪切稳定性。氧化和空腔作用会引起聚合物降解而使油丧失粘度。很多新产品是用含有极性氮的油溶性聚合物所制成。这样，它们既具有改进粘度的性能，又具有分散和降凝的作用。

目前，关于润滑油添加剂的研究工作正在大力地进行，这些工作要比披露的专利文献多得多。本书只介绍近年来在专利文献中（1970年至1972年7月）200种以上润滑油添加化合物的合成和试验情况。在此时期内，重点是放在发展高负荷承载能力的添加剂，抗氧化和抗腐蚀添加剂以及无灰清净分散剂上，但在文献中也报道了很多新型的高灰分清净分散剂，粘度添加剂和降凝剂的资料。

由于航空事业的发展对合成液，如有机酯、硅酮油、聚苯基醚和磷酸酯中使用的添加剂也受到广泛的注意。

水基系统如聚乙二醇和溶性油，由于使用了各种添加剂组分，它们的性能也得到了改善。

许多添加剂在润滑油中不只起一种作用。本书按其性能数据，以其最主要的作用进行归类。

第一章 无灰分散剂和清净分散剂

从四十年代后期到六十年代早期，曲轴箱润滑油中添加的清净剂或分散剂主要是以酚化物的碱土金属盐、烃类磺酸盐、以及烃与 P_2S_5 的反应产物作为有灰的清净分散剂。

四十年代早期，曾经发明用分子量较低的烃磺酸盐(低于 20 个碳原子)，以及烃和 P_2S_5 反应物作为润滑剂的防锈剂。后来发现分子量较大的烃类可以使防锈剂兼有消净分散性，才又发展到用有灰盐类调配在润滑油中，以提高其清净分散性。同样也是在四十年代，还发现短烃链取代的丁二酸类，以及丁二酸的盐类、酰胺类、亚胺类、都是润滑油的有效防锈剂。

随着短途行驶的大马力引擎汽车增加，换油期延长(换油期超过 2,000 英里)，并使用了正压进排气体系(简称 PCV)来减少废气对城市的烟雾污染，从而对发动机油的使用性能提出更高的要求。

PCV 装置使燃烧室的漏气(气体和蒸汽被活塞压缩环从燃烧室泄到曲轴箱)从曲轴箱引出，和空气-燃料混合，再一齐回到燃烧室。这样就造成酸性物质带到曲轴箱中。

城市中短途行驶的汽车经常开开停停，在这种情况下曲轴箱油的温度低，燃料和水分排不出去。正由于短途行驶的汽车增加，并使用了 PCV 装置，造成润滑油中漆状物与淤渣沉淀物的生成趋势增加。

从五十年代后期到六十年代早期，证实了有灰清净分散剂的清洁性和分散性显然受到限制，逐渐不能适应抗漆状物与抗沉渣生成等更严格的使用要求。早在四十年代中期就曾提到过一种由聚丙烯酸酯衍生的油溶性无灰清净分散剂，后来又发明了其它含极性基团的聚合产物作为润滑油无灰消净分散剂，也有用复合二胺与二元酸或三元酸聚合产物反应而得到的酰胺，或者再进一步经过硼酸硼化的产物作为润滑油的无灰清净分散剂。

此外，前面已经提到，如果烃链的分子量增加，会使防锈用的烃磺酸盐和烃- P_2S_5 反应物兼有清净分散性；同样如果具有防锈性的烷基丁二酸酰胺与亚胺中的烃分子量增加，也可以发展成清净分散剂。这些烃链较长的丁二酸酰胺与亚酰胺，及其硼化产品都是无灰的。

一、以丁二酸为基础的产品

在过去的十年中，介绍了一种新型酰化的含氮化合物作为润滑油和燃料的分散剂。这类化合物在美国专利 3,172,892；3,219,666 和 3,272,746 中已有说明。

这类分散剂已普遍使用。然而，它的分散能力及其它性质自从发明以来一直处于不断研究改进中。例如，将这些酰化的含氮化合物进一步与二硫化碳、低分子羧酸、烷撑氧化物、链烯基氰化物以及硼化物反应。过去在改进酰化含氮化合物方面所取得的一些成果，见美国专利 3,087,936；3,184,474；3,200,107；3,216,936；3,254,025；3,278,550；3,281,428；3,282,955 和 3,373,111。

1. 尿素

1971 年 1 月 19 日，美国专利 3,556,995，标准油(Standard Oil)公司，R. J. 李(Lee)与 R. E. 卡尔(Karl)发表的制备方法如下：

(a) 一种油溶性烃代丁二酸酐与尿素反应，生成第一中间体；

(b) 将第一中间体和烷撑多胺反应，生成第二中间体。烷撑多胺结构式为 $H_2H-(\text{烷撑}-NH)_nH$ 。其中 n 相当于 1~5；烷撑是含 2~6 碳的二价饱和烃；

(c) 第二中间体再与强碱反应。

例：

首先使 1.0 分子(分子量约 850)丁二酸酐聚合物和大约 1.5 分子尿素混合，加热到 $250\sim 300^\circ F$ ，搅拌 1~3 小时；或者加热搅拌到缩合生成的水基本上被赶光为止。得到的第一中间体是尿素的聚丁烯基丁二酰亚胺衍生物。

然后将 1.0 分子第一中间体与 1.0 分子四乙撑五胺混合，并加热到 $200\sim 300^\circ F$ ，加热时间约 2~4 小时，也就是加热到由于缩合作用

而生成的氨全部被赶出为止。得到的第二中间产物是取代尿素的聚丁烯基丁二酰亚胺衍生物。

最后，使第二反应产物与一定量的甲醇钠混合。甲醇钠用量约占第二中间体重量的 1~5%，然后将混合物加热到 250~350°F，经 2~4 小时以后即得分散剂。最好再经过过滤除去钠盐或其它的副产品。

“F-289”试验(福特 F-289 英寸³排量的发动机试验)是一种苛刻的用于评定沉渣和漆状物的生成以及沉积作用的方法。该方法是将蒸汽通过 PCV 系统由曲轴箱传导到发动机的燃料进口系统中，这样就造成操作过程中生成的沉渣与漆状物更严重些。

将本发明的无灰分散剂用“F-289”进行试验，其用量约 3.74% (重)，相当于浓度 40% 的添加剂大约 5%。另外还加 1.25% (重)总碱值 300 左右的高碱性磺酸钙，以及大约 1.0% (重)二硫代磷酸锌盐 (ZOP)抗氧化剂。

将上述三种添加剂的总量 5.99% 加在 94.01% (重) 商品 SAE 20 溶剂抽提发动机油中。用“F-289”试验方法将上述配方与一般商品配方进行比较，取得的数据如下表。

“F-289” 发动机试验(对比结果)

	商 品 配 方	本 配 方
沉渣	40	48
漆状物	40	39
油环堵塞	0	0

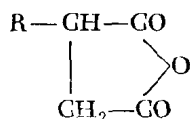
上面的结果表明了市售的高效分散剂与本发明的无灰分散剂的性能。说明使用“F-289”(应用了 PCV 系统)这种苛刻的沉渣试验方法评定时，本专利的无灰剂能取得优良的结果。

2. 二异氰酸盐

1971 年 3 月 30 日，美国专利 3,573,205，雪弗隆(Chevron)研究公司，W. 洛(Lowe)和 Y. G. 亨德里克森介绍了烷撑多胺的聚异丁烯丁二酰亚胺，其中丁二酰亚胺是改用二异氰酸盐引进尿素官能团的，

并制备了分子量相对较高的化合物。聚异丁烯基的分子量约 400~2,500；烷撑多胺至少含三个胺氮，最好含 4~6 个胺氮，并且与 1~2 个聚异丁烯丁二酰基相连接。

制备过程是：首先将聚异丁烯丁二酸酐与烷撑多胺结合，聚异丁烯丁二酸酐结构式为：



式中 R——聚异丁烯基分子量为 400~2,500，常用分子量为 750~1,500。

烷撑多胺结构式：



式中 U——2~3 碳原子的烷撑，
n——2~5。

烷撑多胺的组成大多数不是单独的化合物，而主要是 1 或 2 个单独化合物的平均组成。

烷撑多胺可以和聚异丁烯基丁二酸酐按适当的比例直接结合，也可以在一种惰性烃类溶剂中进行结合。然后将反应混合物加热到水的沸点以上（更常用的温度范围是 125~200°C，最好在 135~175°C 之间），当反应充分后（一般需经 0.5~6 小时），停止加热使反应物冷却。

在这些实例当中，所制备的双丁二酰亚胺，其中两个聚异丁烯基是不同的。常常先加一种聚异丁烯基丁二酸酐进行反应，然后再加第二种。但无论怎样，两种聚异丁烯丁二酸酐可以在开始同时加入，或在反应过程中相继加入。

当生成丁二酰亚胺的反应已经完全以后，再与二异氰酸盐进行反应。这个过程很简单，就是在丁二酰亚胺反应混合物中加入二异氰酸盐，并加热到 75~150°C 进行充分反应，通常大约要反应 0.5~6 小时，反应可以在没有溶剂下，或者在惰性溶剂存在下进行。所使用的溶剂最好与制备丁二酰亚胺时使用的相同。

制备的反应混合物可以直接作润滑油添加剂。若需要也可以用溶剂抽提、吸附剂处理或色层分离等方法进行净化。反应混合物还可以在减压下汽提以除掉未反应的二异氰酸盐以及其它挥发性物质。下面提供的实例仅作参考，但不受限制。

例 A:

在反应器中加 1,400 加仑 (200°F) 40% (重) 聚异丁烯丁二酸酐的中性油溶液 (聚异丁烯基的平均分子量约 1,000), 然后加入 2 磅抗泡剂, 再向油溶液中通氮气, 接着加入 310 磅三乙撑四胺 (平均组成), 将反应混合物加热到 310~320°F, 并保持在温度 2 小时, 以后停止加热。

例 B:

按上面的操作方法, 在反应器中加 1,385 加仑 (200°F) 40% (重) 聚异丁烯丁二酸酐中性油溶液 (聚异丁烯基的平均分子量约 1,000), 2 磅抗泡剂, 向油溶液当中通氮气, 然后再加 638 磅四乙撑五胺 (平均组成), 混合物加热到 310~320°F 以后保持 2 小时停止加热。

例 1:

将 1,020 克例 A 产品 (含氮 1.10%) 加到反应器中, 搅拌加热至 125°F, 并且加入 17.4 克甲苯二异氰酸盐 (80% 2.4; 20% 2.6), 升温到 225°F 保持 8 小时, 反应后采用减压于 275°F 下汽提。

例 2:

取 1,076 克含 40% 四乙撑五胺双聚异丁烯丁二酰亚胺的溶液加到反应容器中 [制备方法是首先将 0.45 分子四乙撑五胺和 0.5 分子聚异丁烯丁二酸酐 (聚异丁烯基平均分子量 1,000) 结合, 然后再与 0.5 分子聚异丁烯丁二酸酐 (聚异丁烯基平均分子量约 640) 结合, 产品含氮 1.30], 使溶液在搅拌下加热到 150°F。

例 3:

将 100 克 40% 四乙撑五胺聚异丁烯丁二酰亚胺的油溶液 (聚异丁烯基分子量约 1,000) 加到反应器中, 该反应器附带有搅拌设备和氮气进口与回流冷凝装置。混合物加热到 230°F 约经 1 小时后冷到 140°F, 同时保持在氮气流下与 100 毫升混合己烷搅拌混合。

向上述溶液中加 5.95 克(0.034 分子)甲苯二异氰酸盐(80% 2.4; 20% 2.6) 的 100 毫升混合己烷溶液。在室温下搅拌 64 小时, 最后一部分二异氰酸盐仍然没有反应, 将混合物再回流 4 小时, 进一步补加混合己烷, 继续回流 5 小时。蒸掉己烷, 得到 130.3 克残留物。

用 109.5 克反应混合物溶解在 150 克 130 号中性油中, 于减压下加热到 150°C, 得到 237.7 克油溶液。在 110°C 时用硅藻土过滤。取其中 8.84 克溶解在 41.52 克中性油中。得到有效成分占重量浓度 5.6% 的油溶液, 其 100°F 和 210°F 的粘度分别为 179.8 和 46.6 赛氏通用秒。

例 4:

在反应器内加 100 克丁二酰亚胺的油溶液(所使用的反应器和丁二酰亚胺油溶液都与例 3 相同)。在 230°F 加热 2 小时, 然后将溶液在氮气流下冷到 100°F 以后, 加入 100 毫升混合己烷。接着再加 5.32 克(0.032 分子) 六甲撑二异氰酸盐的 100 毫升混合己烷溶液, 让混合物在氮气流下搅拌 19 小时。再减压升温到 130°C 赶掉挥发性物质, 得到 104.8 克残留物。取出 2.8 克用 130 号中性油稀释到总重量 50 克, 得到浓度 5.6% (重) 的溶液, 100°F 与 210°F 粘度分别为 162 及 44.96 赛氏通用秒。

例 5:

按照例 4 的方法将 1,202 克(0.397 分子)40% 的四乙撑五胺聚异丁烯丁二酰亚胺溶液(聚异丁烯基分子量约 1,000, 含氮 2.32%) 用 1.2 升混合己烷稀释, 再加 66.7 克(0.397 分子)六甲撑二异氰酸盐。反应混合物于室温下搅拌 16 小时。减压除掉挥发物, 最后可升温至 130°C, 残留物重 1,254 克, 经分析含氮 3.11, 3.11; 碱性氮 0.50, 0.51。

取出 2.8 克样品用 130 号中性油稀释到 50 克, 得到浓度 5.6% (重)的溶液, 100°F 和 210°F 粘度分别为 156.8 及 44.40 赛氏通用秒。

例 6:

向反应器(附搅拌器, 氮气通入口, 和可以上下转动的冷凝器)中