

# 聚氯乙烯泡沫塑料

生产、应用及配方专辑

化学工业部化学助剂科技情报中心站

# 目录

## 一. 聚氯乙烯常用发泡剂偶氮二甲酰胺的活化和改性

一). 前言 .....	1
二). 发泡剂 A C 概述 .....	2
三). A C 用无机物改性和活化 .....	2
四). A C 用有机物改性和活化 .....	4
五). 发泡剂 A C 与其它物质的并用 .....	5
六). A C 分解活化剂、改性剂的添加方法及形式 .....	6
七). 结束语 .....	7
八). 参考文献 .....	7

## 二. 聚氯乙烯泡沫塑料用各种发泡剂的现状及发展

一). 前言 .....	12
二). 无机发泡剂 .....	12
三). 有机发泡剂 .....	13
1. 含氮化合物 .....	13
2. 硝基化合物 .....	25
3. 磺酸衍生物 .....	26
4. 其它化合物 .....	27
四). 混合发泡剂 .....	29
五). 结束语 .....	31
六). 参考文献 .....	31

### 三.美国目前发泡剂的发展动向、产品、产量及价格

一).化学发泡剂的需求量增加 .....	47
二).质量优良的偶氮类产品 .....	47
三).非偶氮类发泡剂源源上市 .....	49
四).美国近年开发了吸热型发泡剂 并有少量商业化产品应市 .....	49
五).发泡剂的价格 .....	51
六).参考文献 .....	52

### 四.部分有关PVC发泡剂的制备及应用专利

.....	52
-------	----

### 五.国外部分发泡剂的种类和发泡方法

1.有机发泡剂 .....	57
2.用于低发泡成型的发泡剂 .....	59
3.用于树脂的发泡剂和成型方法制品形状 .....	61
4.使用AC的PVC发泡体基本配方实例 .....	63

# 一、聚氯乙烯常用发泡剂 偶氮二甲酰胺的活化 and 改性

## 一). 前言

聚氯乙烯 (PVC) 泡沫塑料用途广泛, 用作隔热、隔音、绝缘材料, 可做成板材、管材、瓶材, 用于座垫、包装、装饰等目的。它具有廉价、质轻、耐火、耐化学的优点。从产量上看, PVC 泡沫材料是仅次于聚氨酯泡沫、聚苯乙烯泡沫占第三位的泡沫材料<sup>[1]</sup>。

PVC 泡沫的生产已有四十多年的历史。几十年来, 国内外制作 PVC 泡沫的方法, 大都是加入发泡剂的充气法。发泡剂种类繁多, 有物理发泡剂与化学发泡剂两类。在化学发泡剂中, 又分为有机发泡剂和无机发泡剂。有机发泡剂有偶氮化合物、硝基化合物、磺酸衍生物等。

纵观各国文献, 在各类 PVC 塑料发泡剂中, 改性研究、应用开发所做出的努力最多, 产量一直占压倒优势, 声誉久盛不衰的, 首推偶氮二甲酰胺 (俗称发泡剂 AC) <sup>[2-25]</sup>。

我国 PVC 泡沫生产, 始于五十年代后期, 至今主要是使用发泡剂 AC, 从产量上看, 目前尚且能满足国内需要。但就笔者所知, 由于种种原因 (其中也有质量上的原因), 一方面我国生产的发泡剂 AC 有部分产品出口 (据悉是供外商做粗产品加工转售), 另一方面又从国外进口部分发泡剂 AC 使用。

由于发泡剂 AC 的分解温度在 190 ~ 210 °C 之间, 这一温度已属聚氯乙烯 (PVC) 降解温度范围。国外长期以来就把如何降低 PVC 发泡温度, 或使 AC 分解变得更加容易控制, 制得结构更为理想的泡沫, 作为提高泡沫产品质量, 生产硬质、半硬质及软质专用产品, 改善加工环境及条件的重要研究课题。近二十年来, 发表的专利甚多<sup>[26-51]</sup>。

本文拟就各国使用发泡剂 A C 制备 P V C 泡沫的改进途径，即发泡剂 A C 的改性及活化剂的使用情况作一概略的叙述。

## 二). 发泡剂 A C 概述

发泡剂 A C 是由胼与尿素反应先生成联二脲，然后经氧化而得。纯的发泡剂 A C 为橙黄色结晶，熔点约为  $230^{\circ}\text{C}$ 。工业品随着所含杂质及粒度的不同而为橙黄色到淡黄色粉末，比重 1.65。在空气中分解温度为  $195 \sim 210^{\circ}\text{C}$ ，发气量  $250 \sim 300$  毫升/克，是常用有机发泡剂中发气量最高的。A C 分解产物除氮外，一般还有相当量的 CO、CO<sub>2</sub> 和 NH<sub>3</sub>。

发泡剂 A C 主要用于 P V C 泡沫塑料，也用于聚烯烃，聚苯乙烯，A B S 树脂和橡胶的发泡，发泡剂 A C 国外允许用于制造和食品接触的泡沫制品，用量一般限制在 2% 以下。

发泡剂 A C 有一系列优点：阻燃、无毒、无臭、不污染、不变色、不易溶于溶剂和增塑剂，在 P V C 中易于分散，发泡比较均匀，常压发泡和加压发泡均适用等<sup>[52]</sup>。

## 三). A C 用无机物改性和活化

在无机盐中，使用 I、IV 族的酸式碳酸盐，可把发泡剂 A C 的分解温度降低至  $130 \sim 170^{\circ}\text{C}$ <sup>[53]</sup>。把碱式碳酸盐 (Cu, Pb, Ni, Zn) 加入到 0.1 ~ 5 份发泡剂 A C 的 P V C 中，可把分解温度降低  $10 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，还可把分解速度提高 20%<sup>[54]</sup>。若把碱式金属盐、多价重金属盐和脂肪羟胺 (如单乙醇胺) 共用，发泡剂 A C 的分解温度可降低到  $140^{\circ}\text{C}$  以下<sup>[55]</sup>。

在发泡剂 A C 中加入硅酸钙，可以提高其发气量，降低其分解温度<sup>[56]</sup>。又，当用发泡剂 A C 制备开孔结构的 P V C 泡沫时，加入 <

2 重量% 的如像  $\text{NH}_3\text{X}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , 尿素, 有机胺之类的碱性活化剂, 可把发泡剂的分解温度降到  $120^\circ\text{C}$  <sup>[57]</sup>。

有人研究了发泡剂 AC 在制造半硬泡时的动力热稳定性, 着重研究了 AC 分解时放出的热对聚合物稳定性的影响。研究表明, AC 放热分解对 PVC 有降解作用。如果配料中加入疏水的二氧化硅, 可以减弱降解作用, 并可减少发泡剂的用量 <sup>[58]</sup>。另一篇资料也报导: 改性剂和  $\text{SiO}_2$  型活化剂和微量的铅、锡, 不但可以降低降解温度, 而且能够增加发气量和改变气体的化学组成 <sup>[59]</sup>。

利用尿素的衍生物做活化剂, 可以在  $155^\circ\text{C}$  下使 PVC 发泡。方法是: 在 PVC 中加入适当量的 AC, 再加入 AC 量的 0.5 - 2 倍重量的尿素非水溶性衍生物, 用来诱发发泡剂在  $155^\circ\text{C}$  下逐渐均匀地分解 <sup>[60]</sup>。

加入二氧化硅可以防止 AC 腐蚀模具; AC 发泡剂分解可生成氰尿酸, 导致模具生锈, 而二氧化硅可以起到酸接受体的作用 <sup>[61]</sup>。此外, 一些含有吸附水或结晶水的碳酸盐和硫酸盐, 如  $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  等, 因它们在加热下可以把水释放出, 也可以加入到含 AC 的 PVC 中, 作为酸接受体从而防止设备和模具的腐蚀, 加入的这些盐的粒度, 比表面积为  $200 - 350 \text{ m}^2/\text{g}$  <sup>[62]</sup>。再者, 氧化铝、氧化锰、硅酸镁盐、钙盐、钠盐和钾盐等, 也可用做 AC 分解的活化剂, 避免 AC 放出氰尿酸, 防止其沉淀到设备上和模具上生成硬垢。加入这些物质, 可减慢物料的分散, 使泡沫结构更均匀, 制品强度更好 <sup>[63]</sup>。

锌、镉或铅等金属的化合物也可用做 AC 的发泡活化剂, 用于 PVC 的发泡。这些化合物所制得的材料具有不同的发泡率 <sup>[64]</sup>。又 PVC, AC 和  $\text{Na}_3\text{PO}_4\text{NaF} \cdot 19\text{H}_2\text{O}$  按 100: 0.05: 1 的比例配合, 可制得微观结构良好, 比重  $0.73 \text{ g}/\text{cm}^3$  的泡沫材料 <sup>[65]</sup>。

#### 四). A C 用有机物改性和活化

有机羧酸盐类、胺类和酚类化合物以及某些酯类，酸和酸酐都可有效地用做PVC发泡剂AC的活物质或发泡抑制剂。

丁基锡酸的氧化物或通式为 $R_nS_nX_{4-n}$  ( $n=1\sim 2$ ,  $X=OR'$ ,  $R$ 及 $R'$  = 烷基、烯基或芳基等)的有机锡化合物，可以做AC的活化剂，加入量为0.1—3%<sup>[66]</sup>。

丙基苯甲酸，甲基苯甲酸，三氯苯基醋酸的铅盐和镉盐对AC制备PVC泡沫具有很好的活化作用，它们还可以提高泡沫光、热稳定性，发泡温度为160℃，发泡时间约2.5分<sup>[67]</sup>。2-乙基己酸铅或2-乙基己酸锌与2-乙基己酸钡的混合物也可以活化AC的分解<sup>[68]</sup>。

使用2-乙基己酸锌和2-乙基己酸镉也可以活化AC的分解所得的PVC泡沫结构均匀，表面光滑，且耐光、耐热<sup>[69, 70]</sup>。

有机酸盐溶液和I、II两族的金属，尿素或它的聚乙二醇或多元醇醚类衍生物也是AC的活化剂，工作温度为190℃<sup>[71]</sup>。

用AC使PVC发泡时，加入水溶性内酯可以得到很高的发泡率。例如在100份PVC中，加10份 $\gamma$ -丁内酯，1.5份AC和3份抗氧化剂在170℃下压片，然后塑料片用热水处理，40分后塑料体积可膨胀到30倍<sup>[72]</sup>。

PVC使用AC发泡时，在许多情况下使用发泡抑制剂来控制局部的发泡率使成凹凸面而得到特殊的艺术效果，制成浮雕和带纹人造革等PVC制品。比较有效的发泡抑制剂有苯酚衍生物和多胺<sup>[73]</sup>，有机酸及酸酐，卤代酐等<sup>[74]</sup>。苯六甲酸用做装饰敷面板的发泡抑制剂时，工作温度为200℃<sup>[75]</sup>。异佛尔酮和月桂胺可用来制作PVC泡沫浮雕<sup>[76]</sup>，有机酸及酸酐，卤代酐可于AC配制成PVC糊，作为制作花纹人造革抑制发泡的配方<sup>[74]</sup>。

## 五). 发泡剂 A C 与其它物质的并用

为了制备特殊性能或特殊用途的 P V C 泡沫塑料，发泡剂 A C 往往与其它物质并用，以达到预期的目的。

在制备耐热的发泡 P V C 板时，加入 A C，硅酸锰，碳酸钙和石棉纤维。这种泡沫板在 6 0 0 - 8 0 0 °C 下加热 1 0 分钟，观察不到任何明显的变化<sup>[79]</sup>。

燃烧时发烟量低的 P V C 泡沫的制备：将含有可与 HCl 反应的无机金属盐（如碳酸钙），增塑剂和发泡剂 A C 的 P V C 加热发泡。此法制得的泡沫在 8 0 0 °C 下烧灼，放出的 HCl 少于 1 %<sup>[80]</sup>。

在制备 P V C 泡沫，发泡剂 A C 可以与碳酸氢胺并用，当加热到 1 2 0 °C 时放出 C O<sub>2</sub>，到 2 0 5 °C 时放出氮<sup>[81]</sup>。

若使用分解温度一高一低的两种混合泡沫成型剂，例如使用 p - 甲苯磺酰基七酰肼（占混合物总量 2 / 3）和发泡剂 A C 混合物，在 1 5 0 - 1 7 5 °C 下加工，可制得微孔结构均一、匀称而呈白色的泡沫塑料<sup>[82, 83]</sup>。使用发泡剂 A C 和苯磺基酰肼的混合物，将其涂到纤维上，不会损坏纤维结构<sup>[84]</sup>。

含 A C 5 ~ 50 份，二硝基五甲基四胺（D N P T A）3 ~ 35 份和缩二脲 40 ~ 70 份加入到 P V C 100 份中，制得的泡沫使用时不放出甲醛气味（分解温度 155 ~ 175 °C），经长期存放和运输实际上不变质，宜于制作软质 P V C 微孔泡沫塑料<sup>[85]</sup>。

以上各例提到的并用物质，既有无机的、也有有机的，一般是第二改性剂或活化剂以及其它的功能性添加剂。



## 六). A C 分解活化剂、改性剂 的添加方法及形式

A C 分解活化剂、改性剂是赋予发泡剂 A C 分解活化功能和其它功能的添加剂，它们只有在特殊加工条件（湿度，加工方式及配方结构）下才能改进 A C 分解条件，给予理想的产品指标。

这些物质的添加方法有二种。

一是在泡沫制作时直接加入到 P V C 配料中去，这就要求加工厂家对加入物料的性质有起码的知识和熟练的加工技能，要求添加剂厂家提供必要的技术咨询服。

二是预先加入到发泡剂中去，做成发泡剂—活化剂混合物、复合物或化合物出售，或者做成胶囊出售。这样就可以简化添加手续，避免由于加工过程的计量问题或技术问题造成产品质量低劣。

在国外，近年有些公司把偶氮二甲酰胺改性产品做成丸状浓缩物出售，如美国的 Norteck 公司制得的丸状物的分解温度为 125°C。Uni-rogal 公司研制品 Celogen 754 和 756，是用尿素活化了的 A C 其气体释放率极不相同<sup>[77]</sup>。英国 F B C 有限公司的产品 EP FIC 13/26 是改性偶氮，它的分解温度范围是 128—134°C，可使低密度泡沫具有很好的、很均匀的微孔结构<sup>[78]</sup>。

用包装材料把添加剂封起来制成胶囊粒料的技术，近年来发展的很快，在稳定剂、阻燃剂及其它添加剂中所见者尤多。文献报导了发泡剂 A C 的胶囊制品<sup>[86]</sup>。建筑上使用的内部加有隔板的增强泡沫塑料，可以把使用 P V C 胶囊包住的由 P V C 聚合物和发泡剂 A C 配成的颗粒进行热加工而得。

## 七). 结束语

在PVC泡沫塑料制作中,发泡剂AC一直是最受欢迎的发泡剂。

许多年来,不断致力于发泡剂AC的活化及改性研究,使发泡剂AC的分解温度由190-210℃降低到适宜于特殊加工的不同温度等级,最低可降到120℃以下。这样,PVC泡沫产品的性能得到了不断改善,品种日益增多,发泡剂AC的前景是美好的。

我国目前有些院所和AC生产厂家,已开始着手研制活化发泡剂AC,并取得了可喜成绩。但当前生产的AC,绝大部分仍是非改良型,随着国民经济日益发展,对各种PVC泡沫塑料的需要正与日俱增。研制和尽快生产改良型发泡剂AC,实为摆在助剂科研部门和发泡剂AC生产厂家的一个紧迫任务。

(本文发表于中日高分子添加剂讨论会,

见论文予印集[二], p.166~170, 1986.10)

## 参 考 文 献

1. Пластмасы, 1974, №10, 4~8 (俄文)
2. Mater. Plast. Elast. 1971, 37(2), 154~163 (英文)
3. Plast. Inat. Trans, and J, 1966, 34, 109, 17~21 (英文)
4. Wire and Wire Prod, 1966, 41, 5, 732~735 (英文)
5. 美国专利 3563936
6. 美国专利 3660320
7. 法国专利 1429562
8. 法国专利 1601989

9. 法国专利 2088648
10. Каучук и Резина, 1977, 6, 37~39(俄文)
11. 日本特许 48-13340
12. 日本特许 13345
13. 日本特许 13316
14. 日本特许 47-50221
15. 日本特许 48-20430
16. 德国公开专利 2256036
17. Past. Rev, 1976, 15(174), 11~15 (英文)
18. 日本公开特许公报 5371
19. 日本公开特许公报 30760
20. 日本公开特许公报 95336
21. 日本公开特许公报 98561
22. 捷克专利发明 155370
23. 比利时专利 827578
24. 西德公开专利 2105906
25. 民主德国专利 92318
26. 美国专利 3251911
27. 美国专利 3501370
28. 美国专利 3562191
29. 美国专利 3639160
30. 美国专利 3608006
31. 日本特许 18830
32. 日本特许 18828
33. 日本特许 18619
34. 日本特许 27791
35. 日本特许 45561
36. 日本特许 48-17603
37. 日本特许 48-20619
38. 英国专利 1239157

39. 英国专利 1255227
40. 英国专利 1264953
41. 英国专利 1264953
42. 英国专利 1308251
43. 英国专利 1321706
44. 英国专利 1325314
45. 法国专利 1464166
46. 法国专利 1497796
47. 法国专利 2003609
48. 法国专利 1920382
49. 法国专利 2226833
50. 瑞典专利 322072.
51. 爱尔兰专利 30553
52. 塑料加工橡胶加工助剂, 山西省化工研究所编,  
化工出版社1983年版, 第447页
53. 英国专利 1133583
54. 日本特许 81-05835
55. 美国专利 3321413
56. 日本公开特许 74-116164
57. 荷兰专利 6505103
58. J. Cell. Plast., 1987, 14, 2, 92-98 (英文)
59. Ind. and End. Chem. Fundam, 1977, 16, 4, 481-482 (英文)
60. 日本公开特许 57-18739
61. Rubb. Age, 1976, 108, 2, 19-25(英文)
62. 英国专利 1360392
63. Plast. Eng., 1978, 34, 8, 40-41(英文)
64. 英国专利 1458297
65. 日本公开特许 75-95367
66. 法国公开专利 244991
67. 美国专利 3394090

- 68.西德专利 1923570
- 69.西德公开专利 2538389
- 70.美国专利 3986989
- 71.民主德国专利 91346
- 72.日本特许 53-41185
- 73.Eur. J. Ceell. Plant, 1979, 2, 4, 157-162 (英文)
- 74.日本公开特许 53-50304
- 75.日本特许 21754
- 76.日本公开特许 54-149781
- 77.Mod. Plant., 1983, 13, 10, 54-55 (英文)
- 78.Med. Plast., 1984, P.73
- 79.日本公开特许 76-28163
- 80.日本公开特许 77967
- 81.英国专利 1302578
- 82.英国专利 1266683
- 83.爱尔兰专利 33983
- 84.德国公开专利 2023431
- 85.日本公开特许 51-36133
- 86.日本特许 56-3379

陈瑞南 编写

## 二. 聚氯乙烯泡沫塑料用 各种发泡剂的现状及发展

苏联化学工业部技术经济科学研究所编写

译注：这是一篇PVC泡沫塑料用的发泡剂的情况综论。文章收集了近二十年来苏联及西方各国发展PVC发泡剂的概况，引用的文献绝大部分是各国的专利说明书，共429篇。

原文发表于1984年，所涉及的内容十分广泛、全面。不仅对发泡剂生产厂家，而且对泡沫塑料生产厂家、有关科研和教育人员都有较大的参考价值，特别是对泡沫塑料生产厂家选择配方、生产不同品种的泡沫塑料很有启发。

## 一). 前言

从产量来看, 聚氯乙烯 (PVC) 泡沫材料在世界上是仅次于聚氨酯泡沫、聚苯乙烯泡沫占第三位的泡沫<sup>[1]</sup>。PVC 泡沫制品的特点是质轻、耐化学、阻燃、成本较低和原料来源充裕。

大体上说, 几乎所有已知的制作充气塑料的方法, 均适于制作 PVC 泡沫塑料。在苏联和国外, 绝大部分的 PVC 泡沫使用的是化学 (有机的和无机的) 发泡剂<sup>[2]</sup>。

本文是近二十年来使用化学发泡剂制作 PVC 泡沫的文献资料综论<sup>[3]</sup>。

## 二). 无机发泡剂

PVC 发泡用的无机发泡剂一般来源方便易得, 如碱金属碳酸盐和酸式碳酸盐以及其铵盐等<sup>[4-18]</sup>。

举例说, 使用碳酸氢钾或碳酸氢钠可制得具有良好的吸湿性能、适用于各种底质的涂料或制得可用做饰面材料的片材、薄膜等<sup>[19]</sup>。

在制备具有良好的吸水性, 高度透气性和透蒸汽性, 以用做地毯衬底及医院被褥用品的 PVC 泡沫的过程中, 推荐使用  $\text{NaHCO}_3$  或  $\text{NaCO}_3$  加  $\text{NaOH}$ 、表面活性剂 (П А В) 及硫代氨基甲酸二烷基酯。配合料在  $40\sim 50^\circ\text{C}$  发泡, 在  $160\sim 180^\circ\text{C}$  凝胶化<sup>[20]</sup>。

在 PVC 发泡时,  $\text{NaHCO}_3$  的加入量为  $0.5\sim 2.5\%$ , 其粒度要求为  $2\sim 3\mu$ 。配料加热至  $171\sim 232^\circ\text{C}$  即放出  $\text{CO}_2$  气体<sup>[21]</sup>。也有人推荐使用粒度为  $4\sim 5\mu$  的  $\text{NaHCO}_3$ <sup>[22]</sup>。

PVC 人造革的制作方法: 把塑料糊 (发泡剂用碳酸氢铵) 涂到纸上, 涂抹厚度  $0.3\sim 0.4\text{mm}$ , 以  $105\sim 115^\circ\text{C}$  加热使其凝胶化; 再涂第二层, 厚  $0.1\sim 0.15\text{mm}$ , 将其整个地贴到载体上并以  $170\sim 180^\circ\text{C}$  固化。然后撕去纸层, 涂一层保护漆而后使薄膜干燥之<sup>[23]</sup>。

用做绝热、隔音材料和包装材料的, 在加热时发生收缩但不破坏

微孔结构的泡沫制品的制作方法：配料含有硅橡胶，PVC，硫化剂和发泡剂，加热温度为 $140\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。发泡剂用 $\text{NaHCO}_3$ ， $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 和其它无机化合物，用量：每100份重PVC加 $0.05\sim 15$ 份重发泡剂<sup>[24]</sup>。PVC地毯底垫制作使用的发泡剂为 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ， $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ <sup>[25,26]</sup>。

防霉菌泡沫材料制作使用混合型的成孔金属（Ag, Au, Pt, Pd, Cu等），PVC和 $\text{NaHCO}_3$ 或 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 。发泡温度为 $200^{\circ}\text{C}$ 上下<sup>[27]</sup>。

硼氢化钠( $\text{NaBH}_4$ )作为释放氢的无机发泡剂而得到重视<sup>[28]</sup>。其分解活化剂为吸附在 $\text{SiO}_2$ 胶上的水。硼氢化钠与水反应而放出气态氢，反应速度可采用改变系统的pH值来控制<sup>[29]</sup>。

使用含结晶水的无机盐使PVC发泡有着人人皆知的例子<sup>[30]</sup>。例如：含（重量份数）PVC 100份，邻苯二甲酸二丁酯（ДБФ）100份，硬脂酸铅 2份，三盐基硫酸铅 2份， $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  45份，在 $160^{\circ}\text{C}$ 下加热，可制得密度 $0.56\text{ g/cm}^3$ 的泡沫<sup>[31]</sup>。

$\text{Mg}(\text{NH}_4)_2(\text{CO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 可以用来作为PVC的成胎剂和发泡剂，它在 $135^{\circ}\text{C}$ 时分解并放出 $712\text{cm}^3/\text{g}$ 气体<sup>[32]</sup>。

PVC也可以用过硼酸钠<sup>[33]</sup>或磷酸金属盐<sup>[24~39]</sup>来发泡。例如，在 $200^{\circ}\text{C}$ 下，把含有磷酸铝、铬酸酐、氧化铝、硼酸钠的组分加热30分钟，可制得阻燃的隔热泡沫<sup>[40]</sup>。

### 三). 有机发泡剂

有机发泡剂主要是使用含氮化合物，N-亚硝基化合物和磺酸衍生物。有关使用其它化合物的报导很少碰到。

#### 1. 含氮化合物

含氮化合物类发泡剂广泛用于硬质、半硬及弹性PVC制品的生产<sup>[41-44]</sup>。其中最有名的是偶氮二甲酰胺（АДА）（我国习惯叫发泡剂AC---译注）。其用途宽广，在所有发泡剂中首屈一指<sup>[45~</sup>



93]。在全球的众多国家中，它在PVC发泡方面的应用都申请了专利，这些国家有英国<sup>[94~109]</sup>，日本<sup>[110~123]</sup>，美国<sup>[124~133]</sup>，联邦德国<sup>[134~135]</sup>，法国<sup>[136~142]</sup>，比利时<sup>[143]</sup>，瑞士<sup>[144]</sup>，瑞典<sup>[145]</sup>，爱尔兰<sup>[146]</sup>。

下面让我们介绍一下使用AC制备PVC泡沫的具体条件。

日本 Nissan Chemical Industries 公司设计了制备硬质及弹性PVC泡沫的配方。使用AC可保证制得具有高度耐热及阻燃特性的低密度 ( $<100\text{kg}/\text{m}^3$ ) 的泡沫<sup>[147]</sup>。

有关PVC乳液用的各种有机和无机发泡剂的发泡机理的研究表明，含有5~15%的AC的挤出组分在200℃下可以制得密度最小的泡沫塑料<sup>[148]</sup>。

PVC泡沫塑料的生产是借助AC使聚合物发泡而实现，逐步加热，开始时配合物加热至139℃，然后温度升至185~215℃。为制得微孔优质、发泡率7.3倍的制品，配料加热至185℃（历时3分钟）即足够<sup>[149]</sup>。也有人推荐使用AC和其它的一般添加剂使PVC一步发泡的方法，泡沫密度为 $302\text{kg}/\text{m}^3$ <sup>[150]</sup>。

使用适应性配方，用电子照射加热至220℃，可以制得具有高度耐溶剂性，水中空间（形态尺寸）稳定性的闭孔PVC泡沫。配料组分（重量份）为：PVC 1000，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）200，ARA 100和马来酸二丁基锡 20份。泡沫密度 $0.07\text{g}/\text{cm}^3$ ，闭孔率85%<sup>[151]</sup>。

PVC夹层聚合物泡沫材料的制法：把含有发泡剂AC 0.1~50%的〈膜—板—膜〉聚合物夹层毛坯加热，用射线（红外，电子，γ-射线）或加入有机过氧化物而获得网状化结构。

毛坯是放在熔盐浴中加热的<sup>[152]</sup>。

为制得弹性闭孔泡沫塑料，把PVC组分，马来酸二丁基锡，月桂酸二丁基锡，DOP和AC在180℃下辊压成片，然后在210℃下加热10分钟<sup>[153]</sup>。

具有优良的光洁度和硬度的制品制备法：把PVC，亚磷酸铅，硬脂酸钙、钡或镉与PC配合挤出<sup>[154]</sup>。