

[19]中华人民共和国专利局

[11]授权公告号



[12] 发明专利说明书

CN 1023192C

[21] 专利号 ZL 89105527

[51]Int.Cl⁵

A62D 3/00

[45]授权公告日 1993年12月22日

[24]颁证日 93.10.17

[21]申请号 89105527.4

[22]申请日 89.8.10

[30]优先权

[32] 88.8.11[33] DE[31]WPF23G / 318832-4alt

[32] 88.8.11[33] DE[31]WPH05H / 31883-4neu

[32] 88.8.11[33] DE[31]WPF23G / 318833-2

[73]专利权人 国营莱比锡和格里马化学设备制造
联合公司

地 址 联邦德国格里马

[72]发明人 翰斯—尤拉瑞赤·杜默斯道夫
罗伯特·库思兹·波入夫 格特·渥拉兹
迪特瑞赤·赫彼克 威尔尼尔·诸克
海恩兹·杜默斯道夫 沃夫干·杰安
哈特木特·默探

B09B 3/00

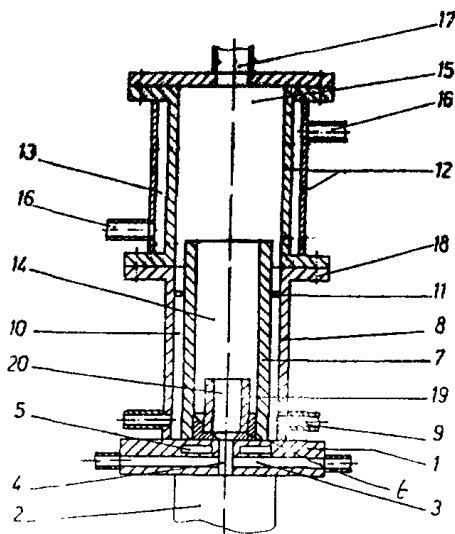
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
代理部
代理人 马江立

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 销毁有毒废物的方法和装置

[57]摘要

将有毒废物掺混到水蒸气等离子体束中，卤素碳氢化合物中的卤素原子在等离子体反应级中转化，而碳氢化合物则气化成稳定可燃物质，在再反应级的氧化介质中冷却，并将可燃物质燃烧成二氧化碳和水，它们经碱洗后排放到空气中。等离子体反应是在一个无应力地安装着的陶瓷管(7)中进行的，管(7)外面用介质冷却，此冷却介质在再反应级中作为氧化剂，管(7)中的温度，应协调为能避免使有害物质穿过。本发明尤其适用于销毁FCKW。



< 05 >

权 利 要 求 书

1. 一种销毁有毒废物的方法,其特征为:将有毒废物直接送入水蒸汽等离子体束中;在紧接着的一个等离子体反应级(14)中实现 10^{-3} 秒的最少反应时间;等离子体束在等离子体反应级出口处的再反应级(15)中,在不小于 10^{-2} 秒的反应时间中,并考虑到充分利用剩余焓而使温度不超过 1500°C 的条件下受氧化介质的作用;氧化作用后对所产生的产品气体进行已知的碱洗。

2. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征为:气态、液态和软膏状废物直接送入水蒸汽等离子体束,固体废物先磨成小于 300 微米的粒度,再借助气体载体送入水蒸气等离子体束中。

3. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征为:氧化介质是一种含游离氧的混合气。

4. 按照权利要求 3 所述的方法,其特征为:氧化介质是空气。

5. 按照权利要求 1 所述的方法,其特征为:产品气体在一个预吸收器中用碱液预洗并冷却到低于 100°C ,接着在填充柱中再次洗涤,以冷却到周围环境温度。

6. 一种销毁有毒废物的装置,该装置为等离子体化学反应器,它通过等离子管法兰(1)与等离子管(2)相连,等离子管法兰(1)上有用于将废物输入中央等离子体束通道(4)的径向通道

(3),其特征为:在等离子管法兰(1)上连接着一个位于等离子体反应器中的锥形扩张环(6),扩张环上松套着一个用耐高温材料制成的管(7),相隔一定距离并同轴地围绕着管(7)装有一个圆柱形等离子体反应器外壳(8),外壳(8)上设有对管(7)的定距销(11),并在其靠近等离子管法兰(1)处设有输入支管(9),外壳(8)比管(7)短,在外壳(8)上连接着一个内径与外壳(8)内径相同的圆柱形双层套管(12),双层套管(12)上装有冷却剂输入支管(16)。

7.按照权利要求6所述的装置,其特征为:同轴地在管(7)中装有另一个用耐高温材料制成的管(19),它刚性地固定在锥形扩张环(6)上,它的直径小于管(7),轴向长度最多只有管(7)轴向长度的一半。

说 明 书

销毁有毒废物的方法和装置

本发明用于销毁具有任意成分稳定的固态、气态、液态或软膏状有毒物质或含有有毒物质的废物,尤其是含氯、氟化合物的废料,它们产生于化学工业、微电子工业和其它工业部门。

当前在世界上所有工业化国家中,在化学变化、化学选矿和化学合成过程均产生大量废料,一部分含有直接破坏生理能力或致癌的以及那些怀疑破坏生殖能力的剧毒物质。属于这类物质的例如高氯或多氯(高氟或多氟)的脂肪或芳香物质、二噁烷(Dioxine)、呋喃(Furane),也还有无机化合物,如氟化物、硼化物、多氯联苯等。这类物质除了有危害性和毒性外,一般均具有良好的化学和热稳定性,它们在废物中的浓度大部分都比较小(PPM范围),对这样的浓度既不能避免其危险性,而再加工的可能性又很小。此外有可能有多个(直至数百个)有毒的品种在一种废物中并存。这类废物典型的是化学工业或制药工业的生产残渣以及微电子工业中电路板干法腐蚀时产生的生产残渣。

由于上述原因,全世界只有两种污染物处理方法:直接储存法和高温燃烧法。

在第一种方法中,废物通常没有被消灭,要化很多钱把它们贮藏起来,并采取专门的安全措施,以预防污染大气和地下水,还必须持续不断地对此加以监查,纵然如此,毕竟仍意味着存在一种永恒的危险源。

高温燃烧法(例如用回转炉)工作在 1000°C 的范围,它有下列

列缺点：

1 . 所能达到的温度通常不足以消灭全部有害物质，原则上仅减小其数量。

2 . 热稳定性最好的有害物质（如多氯芳香物质）被放入大气中，因为在每个燃烧过程的燃烧级中存在着不均匀温度场，从而不断地将有害物质从较冷的区域送入烟囱，并因而进入大气。

3 . 在数百摄氏温度范围的炉膛内的某些区域，会附加地生成二噁烷和呋喃。这一情况正是垃圾专用燃烧装置产生已被证实的二噁烷的根本原因。

4 . 这一方法无法销毁不可燃废物。有害物质从废物中蒸发成气相，并因而将未被转化的有毒物放入大气中。

回转炉系统的另一缺点在于，无法控制气体通过炉子进出口处的孔污染炉子内部的零件。

以上两种方法（储存和高温燃烧）均不适用于销毁气态废料中的有害物质。

对于这类废料，在例如制造微处理机时干法腐蚀工序有毒废气的排废区内，使用吸收法或吸附法，因此成功地做到从废气中至少部分地除去有毒物质，从而减轻大气的负担（见 J P - P S 58122025、J P - P S 62030525、J P - P S 62136230、J P - P S 59109227、J P - P S 60044025）。

这些方法的主要缺点是并未消灭毒物，而是重新形成了具有相同的或更高的有害物质浓度的被污染了的固态或液态吸收剂，只能把它们在库中贮存起来，从而带来上述已知的全部缺点。

还已知有等离子体热解法和等离子体燃烧法来销毁有害物质。电

弧等离子体燃烧法使用空气等离子体进行工作。为液态和固态废物配备回转或等离子体反应器，以使电弧旋转。在回转式等离子体反应器中电弧直接作用在废物上。这种方法成本高并易受干扰，存在着有害物质从运动零件处逸出的危险。在电弧区和反应器其余区之间存在很大的温度差是此方法的另一个缺点，因此始终存在着有害物质通过反应器较冷区的危险。

使用空气作为等离子体气体还有一些根本性的缺点：

1. 在工作所需的高温条件下，尤其在电弧等离子体区内产生一氧化碳，它是附加产生的有害物质。

2. 使用空气作为等离子体气体时，有化学反应能力与化学惰性的等离子体成分之比仅为1:4（20%氧，80%氮）。这是由于所使用空气中主要成分的氮，即使在等离子体条件下，也几乎不形成化学反应类，只有在高于5000 K才分解成化学反应原子，而实际上由于能量的原因，在此方法中等离子体的温度不能超过3500 K。所以全部氮只起热力学的作用。由此直接引出另一个缺点，即由于在设备的工作区中存在着未分解的氮，故达到的能量密度要小得多。

3. 此方法尤其不适用于转化高氯低氢或高氟低氢的碳氢化合物，例如在微电子工业的废气中所含有的那样，因为大量氯和氟从产品中释放出来成为分子的形式而不能被分解（例如与氢成为HCL）。

4. 缺少为了分解结构复杂的有毒物所需要的原子状态的用于原子转移反应的氢。

这种等离子体燃烧法由于有作机械运动的零件（回转式等离子体反应器）产生机械磨损、密封问题和需要较大的空间，因而不能满足微电子工业的白区和灰区（Weiß- und Grauzonen）中高纯度提

出的要求。

在 D D - P S 245941 中介绍了另一种销毁有毒废物的方案，它借助于 H_2 等离子体对液态和气态废物实施等离子体高温分解。这一方法有下列技术上的缺点：

1 . 氢等离子体特别是对稳定的多氯芳香物质，其化学侵蚀性不够。

2 . 因氢等离子体剧烈减少了预先给定的大气压力，这对于本方法要达到的目的产生有害的影响，因为虽然在原则上有可能进行原子转移反应，以连续地分解废物中稳定的 (randständig) H 和 Cl 原子和它们在 H_2 或 HCl 中的稳定键，但不可能持续地破坏碳骨架，也就是说稳定的有害物质的分子结构保持不变。

3 . 此方法需要一个骤冷级，因此在氢等离子体中，促进了从未分解的碳氢化合物结构，无控制地生成改变了化学结构的新的有害物质。但这一方法不能保证稳定 (无害) 地与有毒废物中的碳化合。

4 . 等离子体热解级剧烈减少了大气压，导致从所投入的有机废物中生成炭黑 (热解焦炭)。由此造成下列缺点：

4 . 1 有必要隔一定时间清理各工作过程级，这些堆积的炭黑会遭受污染，从而威胁设备操作人员。

4 . 2 主要在等离子体热解级中生成的炭黑，在按本方法骤冷后具有空气或氧的燃烧级中遇到了困难，因为在流体反应器中异类的炭黑难以进行完全燃烧，被污染了的炭黑颗粒有窜入后续级和大气中的危险。

4 . 3 为避免生成易爆炸混合物，等离子体热解级必须始终在略微超压的条件下工作。这就肯定会使炭黑进入周围环境中去，这将对于例如电路板工厂的洁清区带来灾难性后果。

5 . 由于等离子体热解级进行的热解反应有吸热特性，因而造成沿

等离子体束轴向的冷却。由此造成的结果是使后续的燃烧级工作温度较低。因为在等离子体热解级中，氯生成了新的氯的碳氢化合物，它有高的稳定性，因此最终并不能保证消灭它们。

6. 此方法不适用于转化废物中的无机成分（例如硅、钒、硼化合物），因为在等离子体热解级或骤冷级中，它们会产生有毒的金属有机化合物（例如 BH_3 ）。

7. 按此方法，设在后面的燃烧级要完成一个困难的任务，它必须同时燃烧多种不明确的化合物。

DE-OS 3427710 介绍了一种直接在电弧中进行等离子体热解废物的设备。此方法适用范围类似于前面已介绍过的 DD-WP 245941。

此外还已知销毁（燃烧）家庭垃圾的方法（DE-OS 3605785、DE-OS 3524316、DE-OS 3424710）。

由于销毁高稳定性有毒物质在技术上有困难，所以这类在化学工业、微电子工业和其它工业部门中形成的废物，目前，一小部分在具有上述缺点的常规高温燃烧设备中不完全燃烧，大部分送往专用垃圾仓库作永久性的贮藏。

由于全世界贮藏的危险垃圾越来越多，所以寻找和开辟合适储存地的困难也越来越大（尤其在居民稠密地区），因此它们越来越广泛地经水和空气泄漏到周围环境中去。

等离子体化学反应器中由于通过等离子体来使之热负荷大，所以总是设置与所进行的工作过程无关的能给以强烈水冷的装置。只有这样才能采用钢或耐高温钢、铜或黄铜等作反应器材料，将等离子体化学过程与周围环境隔离开来。对反应器的这种必要的冷却，使等离子

体束的芯部和反应器壁面之间形成一个强烈的径向温度梯度。由此而带来的缺点是，喷入等离子体束中处于近壁区的那部分原料转化率很低。在有些等离子体化学方法中（例如天然气的高温分解），这不一定会带来根本性的缺点，因为在反应器近壁区未转化的天然气可以返回反应器中再参加循环，但必不可少的壁面冷却终是会或多或少地降低热效率和转化率。还已知其它的反应器结构形式，反应器中设有用热稳定性和化学稳定性好的材料（例如热解法制得的石墨）制成的镶嵌层。这样做可以显著提高效率，但带来的问题是在镶嵌层和反应器材料之间必须进行机械连接，而它们又有不同的热膨胀，因此在加热到高温时产生机械应力，或由于起动和停机引起交变应力，从而使镶嵌材料疲劳和使反应器损坏。还已知一系列利用 H_2 或空气等离子体通过等离子体热解或等离子体燃烧来销毁有毒废物的等离子体化学方法（DE-OS 3424710、DD-WP 245941、DE-DS 3605785、DD-WP 158128），然而它们的反应器结构未能避免已知结构中存在的缺点。有一种已知的等离子体燃烧法的工作方式是将电弧直接作用在要加以转化的物质上，这时，由于在电弧区内外之间有很大的温度梯度，因此不能做到均匀地转化。带来的后果和缺点是必须使用第二个等离子体反应器来进行再反应。

已知的反应器结构形式中全都存在着有害物质可能从近壁的冷区穿过的缺点，并因而污染后续的工艺级或周围环境。要想达到高的除毒率，有时必须忍受某些缺点，即将两个等离子管各与等离子体反应器串接起来，这样一来，除了设备成本和能量消耗增加以外，有害物质穿过的危险虽然减小了，但实际上并没有完全排除。此外，在已知的反应器结构形式中还存在着控制热应力和耐交变温度的问题。

本发明的目的是将危险废物中含有的全部有毒物质，例如二噁烷、呋喃、多氯联苯、高氯或多氯（高氟或多氟）脂肪或芳香物质、氯化硅、氟化硅、硅或金属有机化合物、硼化物等，干净和无例外地彻底消灭，并转化为无害和有利于周围环境的产物。为此需要一个反应器，它仅在一个等离子体化学级中，在具有高的温度稳定性和交变温度稳定性的条件下，保证100%地转化投入的物质，从而避免有害物质从反应器冷区穿过。

本发明采用一种方法来达到上述目的，这种方法将液态、固态、软膏状或气态的有毒废物，直接送入水蒸气等离子体束中。在紧接着的一个等离子体反应级中的停留时间为 10^{-3} 秒或较长。在与等离子体反应级相连的再反应级中，在 10^{-2} 秒或较长的时间内对等离子体束施加一种氧化介质的影响。这时在考虑到剩余焓的情况下，温度最高为1500℃。接着对所得到的产品气体进行碱洗。骤冷用的氧化介质可以是空气或另一种含游离氧的混合气体。在一种符合要求的碱洗设备中，产品气体在预吸收器中用碱液预洗，并冷却到低于100℃的温度，接着在一个填充柱中进行再清洗，这时冷却到环境温度。气态、液态和软膏状废物可直接送入水蒸气等离子体束中，而应将固体废物先磨成小于300微米的粒度，再借助于气体载体送入水蒸气等离子体束中。

本发明的一个等离子体化学反应器适用于实施此方法，它通过一个法兰与等离子管相连接。

法兰中有径向通道，用以将有毒废物或其它物料喷入设在中心的等离子体束通道中。在等离子体反应器中，一个锥形扩张环与法兰连接，扩张环内腔为混合室。一个用耐高温材料制成的管，松动地放在

扩张环上，管的内腔便是等离子体反应级。与管同心但相隔一定距离地装有反应器的圆柱形外壳。外壳上装有相对于管的定距销，它可保证管与外壳之间保持对称的环形间隙。外壳朝着等离子管的下部装有输入支管。外壳的长度比管短，所以管伸入再反应级中。再反应级由双层套管构成，它的内径与外壳内径相同，两者通过法兰连接。双层套管构成了一个环状间隙式冷却水通道，其上装有冷却剂输入支管。

可以在耐高温管中再同心地安装另一个直径小于它长度，最多只有其一半的耐高温管，它被刚性地固定在锥形扩张环上。

本发明方法的工作方式建立在下述基础上，即水蒸气等离子体处于化学平衡状态，此平衡状态相应于其平均的物质温度，其特征为一大部分原始的水分子分解成为特殊的反应基，例如氢原子或离子和电子气成分。温度要求不低于 1500°C ，因为尤其是氯或氟的碳氢化合物（例如六氯苯），它们直至约 1300°C 仍是稳定的。

水蒸气等离子体与有害物质混合后对它们施加热和化学影响，这就促使在两种成分之间造成具有高转化率的快速反应。其特点是先后或同时在送入的有毒物质上施加三种影响：首先使大多数较大的毒物分子在热的作用下，亦即在水蒸气等离子体高能结构的轰击下，分解成较小的碎块。下一个重要步骤是，通过具有强化学反应性的氢原子，从碳氢化合物基本骨架（Grundgerüst）上剥离介稳的氯或氟原子，生成 HCl 或 HF ，在当前的条件下它们是比较稳定的化合物，以后经过冷却可使它们最终稳定。水蒸气等离子体作用机理的第三个步骤，是使剩下的已除氯或除氟的碳氢化合物骨架，尤其是经含氧的基例如 HO_2 、 OH 、 O 或 O_2 的化学作用，转化成为稳定的化合物 CO 和 H_2 ，碳和氢在这些化合物中最终地并完全稳定地固定下来，不会还

原成高分子化合物。本发明的一个重要特征在于，利用平行地排出水蒸气等离子体中的氢原子和氧基，可同时完成两项任务：介稳的卤素原子的碳氢化合物骨架除氯或除氟；碳氢化合物的相应 (fixierende) 气化。

有时在初级产物中含有的硅或硼化物 (例如 BH_3) 或金属有机化合物，由于存在氧化物而使它们氧化，并因而同样可转化为无毒的化合物。有可能存在于废物中的硫会转化为 H_2S 或 SO_2 。所阐明的过程所需要的反应时间至少为 10^{-8} 秒，这取决于在送入有害物质前所提供的水蒸气等离子体的焓和有毒物质的量。经过根据废物种类和特征以及所选择的等离子体焓确定的最恰当反应时间后，那时可能由 HCl 、 HF 、 CO 、 H_2 、 H_2S 、 SO_2 、金属或半金属氧化物 (如 SiO_2 、 B_2O_5 等)、以及有时在初级产物中含有的惰性成分 (如 N_2) 组成的等离子体束紧接着被喷入的氧化介质 (例如空气) 冷却，这时还存在的基再化合，等离子体束温度下降 (最多降至 1500°C)，使等离子体转变为通常的气体状态。与此同时，为了充分利用气体中的剩余焓，使气体中存在的稳定的可燃物质 (CO 、 H_2 、 H_2S) 与骤冷用气体中的氧进行完全的和目标明确的氧化作用。经过这一工序后，产品气体中包括 HCl 、 HF 、 CO_2 、水蒸气、可能还有 SO_2 和金属、半金属氧化物或元素、以及有时还有 N_2 。 HCl 、 HF 、 SO_2 、一部分 CO_2 在后置的两级碱洗设备中被从产品气体中除去，而由 CO_2 、水蒸气和有时还有 N_2 组成的完全无害的混合气体则排入周围环境中去。按本发明的方法基本上可达到 100% 的除毒率。可以以同样的方式来销毁气态、液或软膏状废物，或也可以是磨成小颗粒状的固态有害物质。

等离子反应器的工作方式可通过一个技术上的实例加以说明：常

规的水冷式等离子反应器有一个剧烈的径向温度梯度，它会使得有毒物从较冷的近壁区穿过，但按本发明的等离子体化学反应器的等离子反应级，它通过经反应器下部的输入支管进入的空气冷却。因此可以提高等离子反应级的平均温度（例如提高到 2500°C ），等离子体区轴线上的芯部温度约为 3000°C ，此时耐高温管内侧的壁温提高为 2000°C ，这一温度可靠地保证分解所有介稳的卤素原子。所以不再会使有害物质穿过初级等离子体反应区，在所输入废物中的有毒物将完全转化成 CO 、 H_2 和 HCl 。有反应能力的等离子体经过在等离子体反应级中的反应之后，流入再反应级中，在那里它与环形间隙中来的加热了的冷却空气混合，并被冷却到约 1500°C ，这一温度足以使在等离子体反应级中通过等离子体化学气化构成的稳定的可燃物质 H_2 、 CO 氧化成 CO_2 和 H_2O 。为了达到上述目的，本发明的反应器设有多个互通的区，尤其是将作为等离子体反应级冷却区的环形间隙与再反应级直接连接起来，这样的结构可多次利用经输入支管进入的空气，既将它作为冷却剂，又将其作为加热了的氧化剂，故氧化过程可无困难地进行。在再反应级中对稳定的可燃物质进行有控制的氧化，这时由于放热要使该区通过冷却水通道来进行水冷。

反应产物 CO_2 、 H_2O 蒸气、 HCl 经气体出口排出。

由于在一端可松动地固定着的管具有通过扩张环和与管之间留有间隙地安装着的定距销自由地向空间膨胀的可能性，因此尽管在管上受有很大的热负荷（至 2000°C ）和交变的温度负荷，也不会出现任何热应力和机械应力，因此延长了反应器的工作寿命。

此外，按本发明的反应器不再存在密封问题，因为相对于等离子体反应级而言，在等离子管法兰和管之间的过渡处，在环形间隙中因

流速较高而有较大的压力损失，因此原则上不再需要密封。

始终有一小股冷却空气流从环形间隙流入等离子体反应区中，这对于等离子体反应级中的等离子体反应并没有不良的作用，但在当地的压差的控制下却决不会使有毒物从等离子体反应级中穿过并进入环形间隙中去。由于这一原因不需要压紧管子，从而避免产生热应力和机械应力。

下面借助于一个除毒装置具体实例说明本发明。

该装置对流量平均为 $7 \text{ 米}^3 / \text{小时}$ 以及成分（按体积百分比）为 $90\% \text{ N}_2$

3% 氯的碳氢化合物

（ >300 高氯化合物）

$4\% \text{ BCl}_3$

$2\% \text{ Cl}_3$

$1\% \text{ HCl}$

的废气流彻底除毒，并将它们转化为对环境无害和对人体和生物层没有影响的气体。废气流径向喷入等离子体化学反应器，反应器中有水蒸气等离子体束，此等离子体束是由一个等离子管提供的，其参数为：水蒸气量 $1.5 \text{ 公斤} / \text{小时}$ ，等离子体束功率 6.6 瓦 ，等离子体束物质的平均温度 2900°C ，等离子体束在物质平均温度下化学平衡成分的体积百分比为：

H_2O	50.00
H_2	16.00
H	10.00
OH	12.36
O	4.7
O_2	5.5

废气和水蒸气等离子体束在混合区掺混后，这时的物质的平均温度约为 2000°C ，全部化学反应（等离子体化学去除卤素和相应气体），在与等离子管 2 相连接的等离子体反应器中的初级等离子体反应级 14 中进行。经过反应时间后，在此反应级末端的一个与之相接的次级反应级 15 中混入 $10\text{米}^3/\text{小时}$ 预热空气，并由此同时对等离子体束和次级反应进行“淬火”（Ablöschen），目标明确地氧化在等离子体反应器中生成的稳定的可燃物质 H_2 和 CO 。离开再反应级时，气流量约为 $1.7\text{米}^3/\text{小时}$ ，气流由 HCl 、 N_2 、 CO_2 、水蒸气和 O_2 组成。气流的温度约为 1500°C 。这股气流在设在后面的一个预吸收器中，用 $500\text{升}/\text{小时}$ 的氢氧化钠溶液对它进行喷洒，因此在同一流动中存在两相。氢氧化钠溶液的用量根据使气流冷却到约 100°C 且不使碱液产生蒸发来确定。同时从预吸收器中吸收了一部分 HCl 出来，以减轻设在后面的填充柱的负担，气相和液态的氢氧化钠溶液分开排出，氢氧化钠溶液输入设在后面的填充柱中，气相送入填充柱下部。

气流在填充柱中洗涤后仅由 N_2 、 O_2 、 CO_2 和水蒸气组成，并可经气体通道无害地排入周围环境。但也可以不采用再反应级烧去从等离子体反应级中出来的稳定的可燃物质，代之以进行目标明确的骤冷。如缓慢地冷却会生成碳氢化合物一样，这样做导致产生卤氢化合物，可以进一步利用它们。因此可以减少冷却剂的含氧量。

附图表示出附加有一个耐高温材料同心管，并作为最佳方案的反应器基本结构。

反应器经等离子管法兰 1 与等离子管 2 相连。在等离子管法兰 1 中有输入废料的径向通道 3、轴向的作为混合室的等离子束通道 4 和

冷却水通道5。在等离子管法兰1上背离等离子管2那一侧，装有沿轴向延伸、内部为锥形的扩张环6，由碳化硅制成的管7围绕着扩张环不固定地放在等离子管法兰1上，并通过锥形扩张环6定位。向上开口的管7被等离子体反应器外壳8同轴地包围，外壳上紧邻着等离子管法兰1处设冷却空气输入支管9。管7和外壳8之间有定距销11，它使管7即使在工作温度下也能在其上部无应力地定位。因此，在管7和外壳8之间形成了一个冷却空气环形间隙10。外壳8沿轴向的延伸段上通过法兰18连接着带有冷却水通道13和相应的冷却水输入支管16以及设在中央的气体出口17的双层套管12。管7终止在法兰18后面的再反应级15中。因此等离子体反应器分成了互相连通的区域4、10、14、15。

当例如在锥形扩张环6的槽中置入另一个用碳化硅制成的轴向长度和直径均比管7小的管19时，便获得了对等离子体反应器的一个补充，因此构成了水蒸气等离子体和废料的一个直径较小的附加混合段20，在其上部，在混合段20和等离子体反应级14之间过渡时，由于存在着的碳化硅管19的棱边而形成了强烈的紊流。

本发明的反应器可以在按本发明的方法的条件下，通过实现高的芯温和壁温，完全销毁即使高度稳定的废物；用单级的工作方式以保证最合理利用能量，并利用冷却空气区隔开等离子体束与围周环境；加热了的冷却空气还同时被用作氧化剂。反应器热效率高，尽管反应器材料经受大的热负荷，仍具有很长的工作寿命。此外，它还可用于别的等离子体热解过程。

本发明除具有彻底销毁有毒废物的主要优点外，还有其它一系列优点：

- 使用廉价的水蒸气作为等离子气体，
- 取消了危险废物的收集、中间储存和输送，
- 取消专用储存库的建造，
- 在此方法中不生成新的有毒物质，
- 破坏了全部有毒化合物和在废物中的这类无机特性，
- 本发明适合于微电子工业中对白区和灰区的高要求，
- 本方法同样适用于对液态、固态、软膏状和气态废物的销毁，
故可广泛采用，
- 本方法和此反应器均还可用于不太稳定的有毒废物，它们在温度低于1300℃的条件下已在其它反应过程中分解。

