

多晶硅生产中能耗的分析及节能的途径

陈志兵

新疆其亚硅业有限公司 新疆 昌吉 831700

摘要:近年来,随着科技水平不断提升,太阳能技术、电子技术等领域得到较快发展,多晶硅是一种较为重要的应用原材料,其生产制作水平也在快速提升,并且在电子领域、太阳能领域等领域有着较为重要的应用。传统的多晶硅化工生产需要消耗较为庞大的能量,尤其是在精馏、还原、尾气处理等环节的能量消耗最为严重,甚至占据了整体能耗的95%。因此为提高多晶硅化工生产效益,加强节能综合利用措施的分析、探讨有着较为重要的作用于显示意义。基于此,文章对多晶硅化工生产中节能综合利用及相关措施进行了有效分析与探讨,希望能够为提高多晶硅化工生产节能综合利用效益提供有益参考。

关键词:多晶硅;化工生产;节能

引言

多晶硅是制造集成电路衬底和各种半导体器件的单晶硅、太阳能电池等产品的主要原料。多晶硅可以用于制备单晶硅,广泛用于半导体工业中,作为人工智能、自动控制、信息处理、光电转换等器件的基础材料。同时,由于能源危机和环境保护的要求,全球正积极开发利用可再生能源,多晶硅市场前景被业内人士看好,未来多晶硅行业的竞争将成为多晶硅先进技术及生产成本的竞争。

1 制备工艺及特点

当前多晶硅在我国最主要是应用于光伏行业,多晶硅有多种制备的途径,目前市场上主要流传的制备工艺有改良西门子法、冶金法、以及流化床法等。其中改良西门子法是发展最早的一种制备工艺,发展到现在其技术已经相当成熟了,且具有较好的稳定性和安全性、适合用于多晶硅产业化的生产,接受程度很高,不仅是国内在国外也是最普遍用于多晶硅生产的制备工艺。还有,因国内的多晶硅发展史较短,大部分是引进、借鉴国外的工艺技术,多是跟随国外的发展脚步,所以导致在多晶硅相关工艺的改进优化上有较大的国内外差距。另外,多晶硅的制备工艺正在向着节能、环保性的方向发展,在目前自然环境以及社会政策的影响下,实行可持续性的、节能环保的工业化生产是大势所趋,多晶硅的制备工艺也自然地顺着节能、环保的方向发展^[1]。

2 多晶硅产业的现状

我国的多晶硅生产工艺相对还处于比较落后的阶段,尽管近些年来不断有新的政策对这一行业进行鼓励,但是在重点生产工艺上还依赖于西方发达国家。在现如今世界经济的大环境下,我国的各个多晶硅生产企

业面临着巨大的挑战,很多的企业都处于破产的边缘,只有那些拥有创新性技术以及强大资金为后台的企业仍在支撑着。到目前为止,我国的众多多晶硅企业只有提高其核心竞争力才能在如今的大环境下站稳脚步。而对于这些企业来讲,多晶硅企业核心竞争力的重要体现就是在生产工艺的节能上。只有通过研发高效的节能技术,才能维持多晶硅的生产与企业的运营,所以综合来讲多晶硅的生产过程中最重要的技术就是节能技术,只有有效的降低多晶硅生产过程中的能耗才能提高企业的实力,提升企业的核心竞争力。

3 能耗及节能途径

3.1 氢气制备环节

在多晶硅的制备流程中氢气的制备过程主要是通过其制备的手段来影响能耗的。氢气在多晶硅的制备中扮演的是还原剂的角色,是多晶硅的制备工艺中很关键的一种原料,并且它对纯度有较严格的要求、用量也非常大,因此很大程度的牵连着多晶硅的制备成本与品质。在氢气制备方法上,以前多采用的电解制成本高、耗能大,目前较多企业采用轻质石油或天然气裂解法来制备氢气,这种制氢手段因能有效的节能而被广泛采纳^[2]。

3.2 氢化环节

氢化阶段的氢化方式以及过程对耗电量都有较大的影响,现在通常采用的有热氢化和冷氢化法,在两种方法的选择上,通过对比发现热氢化法的耗能远大于冷氢化法,并且其氢化的转化效率也高于热氢化法的转化效率,所以一般情况下绝大部分企业都是选择冷氢化法进行氢化,可以有效地降低能源成本。

3.3 还原过程

就多晶硅的整个生产过程来说,电能的消耗主要包

括综合电耗以及还原电耗这两部分，而其中的还原电耗指的是反应还原炉的耗用量，并且在整个改良西门子法的制备工艺的具体操作流程中，还原电耗约是整体能耗的一半，在整个能源损失中占有最大的比例，所以这样看来还原过程的工艺非常需要改进和调控，如果能进其控制好、改善还，那么这对整个生产过程的节能降耗将起到巨大且良好的作用，目前主要通过改善还原过程工艺、开发挖掘节能型还原炉等来实现对还原过程电耗的调控。

3.4 精馏系统

产多晶硅的过程中采用的精馏系统也同样的对影响能耗的发生，目前，精馏系统一般利用多级化的精馏提纯三氯氢硅，其分离过程的能源损失较大，所以在其生产的工艺流程上急需进行改进优化。目前常被用于提纯的三氯氢硅，分离过程能源损耗程度较大，所以现在有部分企业在生产过程中采用压差热偶精馏的精馏方式，它是将精馏过程拆分成了两个相差较大的精馏部分系统：加压精馏以及低压精，这种复合精馏系统主要是通过利用压力差的形成，其中低压精馏的实施流程与过去传统的精馏方法的实施流程大体是相似的。而加压精馏就不太一样，是需要一些有针对性的方案，来提升精馏塔顶部的气体温度，这样才能和低压精馏互相融合的实行精馏流程，有效的利用能源，实行整个操作的可持续性。另外，还需要强调的是，绝大部分传统精馏手段现在已经很难符合化工产业的发展的节能需求了，要进一步实现节能，就要积极的引入一些新型的、科学的精馏系统如热泵精馏系统、多效精馏系统、热偶精馏系统等，这些更加先进的精馏手段，能够将能源进行更加充分有效的利用，从而一定程度的达到节能^[3]。

4 多晶硅化工生产中的耗能情况分析

4.1 尾气回收过程的耗能情况

传统的尾气回收过程中，在系统装置中先是采用循环水对贫液进行冷却，再把贫液输送到吸收塔中使其和富液进行热量交换，实现降温效果。在完成热交换处理之后，吸收塔的进料温度会降低至15~25℃。在尾气回收解析塔中其再沸器容量为500t/a，热量约为10500kW左右，也就是说每小时产生的蒸汽量约为15t。这一工艺的应用没有实现对贫液中的热能的充分利用，存在较为严重的能源浪费。通过对解吸塔的进料富液进行充分利用将其和贫液再次进行热量交换，能够将解析塔的进料温度上升至75~80℃。再对塔底贫液温度进行降低确保吸收塔温度充分满足解析塔对热量的需求，降低约为4900kW的热量损失，以及实现对蒸汽用量的有效节约，

约可减少7t/h。

4.2 精馏过程的耗能情况

精馏单元主要可分为三个组成部分，把控合成部分、还原回收部分和冷氢化部分。在进行多晶硅生产过程中精馏过程的耗能最为严重，同时这一环节的生产工艺对于氯硅烷精馏的要求较高，包括在分离、全塔组分组成、回流比等方面的管理与控制过程中，各个组分之间互相接近，使得回流比要远大于再沸量，因此需要涉及对许多冷媒与热介质的应用。实际生产中为了而实现制冷能耗的有效控制，可将深冷水更换为常温冷却水，采用常温冷却水来对冷凝器进行冷却。加压精馏是当前较为常用的精馏方法，能够实现对冷凝温度的有效提升。采用传统的精馏方式，热源直接对蒸汽进行加热，其能够获得的精馏量为5000t/a时，一般需要消耗47698kW热量，蒸汽量需求为68t/h。若是采用多效精馏则能够实现较好的能耗控制，借助高能位塔排放能量对低能位塔进行驱动，以此来达到能量节约的目的。借助差压耦合工艺技术对除氢、除重塔进行转变，进而采用从分离塔输入物料的方式，或者是采用塔釜采出STC的方式进行换热，实现对热量消耗的有效节约，一般能够实现18905kW热量的节约，以及节约蒸汽27h。

4.3 还原热能消耗情况

传统高温回收冷却操作，采用循环水进行冷却的方式较为常见，也可以采用蒸汽的方式对精馏塔再沸器、解析塔等进行加热，在此过程中，对于还原炉冷却水热量并未实现充分利用，且此过程会产生大量的循环水和蒸汽热量消耗，进而产生较为严重的热量浪费。其中，还原水进水的水温通常在130℃作用，而回水水温一般在150℃左右，两者之间的温度差为20℃左右，产生的电能消耗约为60kWh/kg。多晶硅满负荷生产状态中硅产量产能约为50kg/h。通过夹套会使得一部分热量被带走，通常占比为75.8%，还原水产出热量约为34000kW，在还原尾气出口处的温度可以达到580℃~610℃。还原汽化器在0.75MPa的压力环境下进行操作，H₂与TCS之间的进料摩尔比为3.5，计划系统的运行会产生3021kW的运行热量消耗。采用传统的还原炉，以蒸汽的方式进行加热氢气与三氯氢硅，在其进入到尾气回收系统之中后可借助循环水的冷却作用进行冷却。在没有反应的情况下高温水与尾气互相进行热交换，导致了循环水与蒸汽产生过量消耗和浪费^[4]。

5 多晶硅化工生产中的节能综合利用措施

5.1 加强对副产物的循环利用

在进行多晶硅生产作业过程中，总生产成本中的原

料成本占比较大,通常为30%~74%。通过对西门子工艺进行改良用于对多晶硅进行生产。这种方法采用的是以氯硅烷为主要生产原材料,在硅烷流化床应用过程中在产出多晶硅的同时也会伴随许多副产物。出于对经济效益与成本节约的考虑,加强对副产物的合理利用至关重要。因此,加强对副产物循环利用技术的应用至为重要。如把氯化硅转变成为三氯氢硅,可以用来进行多晶硅的生产,并且具备较高的市场流通价值,在市场中的价格也是较为多变。若是可以采用氢化技术对氯化硅进行分解,可以实现对副产物进行综合利用,也实现了对材料费用的有效节约,使得生产多晶硅的总成本大幅下降。就当前的氢化技术应用情况而言,较为常用的有等离子氢化技术,但是在实际应用过程中还仍待完善,相对而言热氢化、氯氢化技术的应用则相对成熟,甚至已经发展成为了较为完整的产业链。热氢化技术在实际应用过程中的具备更高的成功率,能够实现更多副产物的有效处理,并且不需要设置尾气回收装置,进而使得成本投入进一步降低。

5.2 加强对沉积工艺的不断改善

在实际生产过程中许多因素都会对单位沉积电耗产生较大影响,比如氢气和三氯化硅的摩尔比,还原压力、硅棒表面温度等都会对电耗产生较大一惯性。为有效提高沉积效率,可采用增加炉内压力使得含硅气体的进料量得到有效增加,提高沉积速度以及提高出产率,实现对电能消耗的有效降低。在实际生产中,在初期的还原阶段通常会消耗较高的电量,在进入沉积阶段之后,多晶硅生产的耗电量就会以较快的速度下降。若是硅棒生长时间在20~40h之间,还原反应过程所消耗的电量也会逐渐变小。在最后的沉降过程中,电量的消耗量将会降到最低,直至降无可降。在这一阶段可通过对多晶硅棒的致密度进行优化的方式实现对能耗的有效降低,同时也可以有效提高产品质量^[6]。

5.3 加强对沉积装置的有效创新

在对沉积装置进行完善与创新过程中,通常可以采用以下两种方法。一种是增大多晶硅还原炉的规模,对还原炉进行大型化处理。采用大型的还原炉能够实现对热量更为充分的利用,进而有效实现对热能损耗的最下

化控制。现阶段,我国大多数生产多晶硅的企业采用的是18对棒的大型还原炉,部分具备充足资金的企业则会采用24或者36对棒的大型还原炉,甚至一些企业开始着手对48对棒的大型还原炉的应用进行研究。另一种则是对高反射土涂层技术的应用。多晶硅生产过程中的耗电量会受到还原炉炉筒内壁的辐射指数的较大影响。相对于其他金属,金、银等的辐射指数较低,借助这一特点可将辐射在这些金属上面的热量进行反射。对此,可以通过将一层金或者银涂抹在还原炉内壁上,达到降低电耗的效果。相关实验表明,在相同状态下,筒壁辐射指数能够由原来的0.7减小到0.2,对于12对棒的还原炉,每生产一千克多的晶硅其电耗能够降低至45kWh,大概能够节约25kWh电耗。但是这一中节能方式也存在一定不足,也就是金、银涂层的成本较高,并且较为容易脱落。对于这一问题,可以加强对新型涂料的开发,借助同种性质的新型材料来取代金银涂层,实现节能效果,进而实现节能与低成本的双赢。

结束语

我国的多晶硅行业市场竞争一直很激烈,且其在我国的发展时间较短、目前的制备成本相对于国外而言仍然过高,所以长期深受国外市场的牵制,发展的不是很理想,因此多晶硅制备过程中的相关节能措施非常重要,目前实行的针对各生产环节的能耗现象来采取节能措施的策略也已经有了了一定的成果,逐步提高相关行业的竞争力。

参考文献

- [1]涂志文.多晶硅生产的节能减排措施[J].江西化工,2018,139(5).
- [2]李万存,刘兴平.多晶硅生产过程中的节能降耗技术分析[J].海峡科技与产业,2017(3)?.
- [3]刘松,多晶硅化工节能生产技术分析[J].江西化工,2018,139(5).
- [4]李英.多晶硅生产中能耗的分析及节能途径探究[J].化工设计通讯,2016(42):105-106.
- [5]郑盛涛.多晶硅生产中能耗的分析及节能对策分析[J].环球人文地理,2016(04):257.