

为了祖国天蓝水清地绿 工业废气净化使命在肩

——中南铸冶消失模铸造领域创新工业废气净化技术纪实

“

桂林中南铸冶材料研究所所长刘玉满从事铸造专业生产与技术工作50多年,他深知广大岗位工人受工业废气毒害之苦,也一直为铸造行业产生废气污染环境而深感不安。针对工业废气排放这一严重现状,2018年,刘玉满带领技术团队下定决心,结合自己多年的经验总结和摸索,跨专业、跨行业、跨领域进行自主立项,自筹资金专研工业废气净化科研攻关,为祖国的环保事业贡献力量。



垃圾废弃物焚烧烟气净化环保监测首战捷——终端平均排放浓度(mg/m³):苯0.040、甲苯0.015、乙苯0.009、苯乙烯0.024、非甲烷总烃24.21、二氧化硫86、氮氧化物36,优于排放限值标准。

□ 丁笑天 董亚芳

环境就是民生,天蓝水清地绿是美丽,更是幸福。早在“十三五”期间,习近平总书记多次就打赢蓝天保卫战作出指示。作为我国生态环境治理的关键战役,从产业结构调整到清洁能源替代,从秋冬季大气污染防治到区域联防联控,蓝天保卫战全面发力。经过3年的持续攻坚,到2020年,全国空气质量明显改善。那么,如何保持这一成果,《“十四五”节能减排综合工作方案》给出了具体方案,就是要大力推进石化、化工、印刷、工业涂装等行业挥发性有机物综合治理,实施石化、化工等重点行业挥发性有机物治理工程。因此,环保是不变的主题,工业废气净化依然任重道远。为了祖国天蓝水清地绿,许多科技创新人才正在用手中的“武器”不断向工业废气净化治理发出挑战。

缘起:为了祖国天蓝水清地绿

2018年,重新修订的《中华人民共和国大气污染防治法》中明确提出:对工业生产过程中排放粉尘、硫化物和氮氧化物的,应当采用清洁生产工艺,或控制大气污染物排放的措施。

纵观经济社会的发展不能没有工业,工业是拉动经济发展的重要源动力,但是有工业就必有排放。据了解,工业废气多达300余种,主要是

生态环境部2020年12月发布的GB39726—2020标性中所限制的八大类污染物,而苯、苯系物、芳烃类有机废气及二氧化硫首当其冲,致癌威胁不可轻视。工业废气对生态环境和人类健康的危害,已经到了非治不可的关键时期。

作为工业生产中常见的消失模铸造工艺(LFC)是一种用熔融金属制造固体金属零件的铸造方法。使用由聚苯乙烯泡沫塑料制成的模具来产生所需的形状,在铸造过程中,当液态金属气化并替换其形状时,聚苯乙烯泡沫就会消失,因此被称为“消失模铸造”。“消失模铸造”这个名字对于公众来说可能并不熟悉,但却早已融入了国家基础制造工业和人居环境的方方面面。

与传统的砂型铸造相比较,消失模技术的铸件尺寸形状精确,重复性好,具有精密铸造等特点应用范围广泛。然而,正是这项与国家基础制造工业和人居环境息息相关的技术,带来了便利的同时,也造成了严重的污染。

据了解,消失模实型浇注每天会大量地产生出苯类致癌物和二氧化硫等污染气体。消失模铸造析放的苯类物主要有:苯、甲苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯及多种非甲烷芳香烃类物,其中以苯和苯乙烯为最。中小件消失模实型浇注可高达8000mg/M³以上,中大件实型浇注的浓度就更高了,尤其是高密度泡沫模样的实型浇注,排放浓度仅次于苯的是苯乙烯,常

在4000mg/M³以上,再次是甲苯,多为1000mg/M³以上。

自上世纪90年代起,国内外消失模铸造科学界通过对消失模铸造中小型铸件实型浇注生产现场检测、公布的文献资料和综合数据表明,中小件消失模铸造实型浇注从真空泵排气管中采集气样测出苯系芳香烃类致癌物浓度可达20,000mg/M³以上,且多在10,000mg/M³~20,000mg/M³,中小件生产条件下,每分钟排气量多在20M³~30M³,相当于每台真空泵每小时排出苯类致癌物的速率可达2kg/h~3kg/h。中大型铸件生产就更不必说了。

而我国现有消失模铸造工厂约3000多家,从事消失模铸造的人员30万以上,他们中的相当一部分仍然坚持采用早已过时的、40年前的实型浇注落后工艺。这不但直接影响了铸造一线生产者们的健康,也为大气污染埋下了严重隐患。

中国管理科学研究院终身研究员、桂林中南铸冶材料研究所所长刘玉满从事铸造专业生产与技术工作50多年,他深知广大岗位工人受工业废气毒害之苦,也一直为铸造行业产生废气污染环境而深感担忧。针对工业废气排放这一严重现状,2018年,刘玉满带领技术团队下定决心,结合自己多年的经验总结和摸索,跨专业、跨行业、跨领域进行自主立项,自筹资金专研工业废气净化科研攻关,为祖国的环保事业贡献力量。

自那时,中南铸冶团队开启了代号

为“刘玉满中铸1号净化技术”的攻关。历时三年,经过大量的实验、测试、验证、检测等,2020年3月他们获得中国发明专利授权(ZL201910153442.2),于2021年7月1日正式对外发布了其独创的苯类工业有机废气净化法,成为中国铸造技术创新和大气环保治理历程上的一个爆闪的亮点。

创新:在消失模铸造工业实践中获得灵感

工业废气大多不是单一气体,而是多种类的混合物,可谓百气混为一体,即生态环境部GB39726—2020国家标准所指的八大类污染物。其中苯、苯系物、NMHC(非甲烷总烃)、TVOC(挥发性有机物)具可燃性、燃点均为650℃以下,其中的二氧化硫、氮氧化物、铅等金属氧化物和颗粒物是不具备可燃性的非有机物。由于各具不同的物化特性,对其净化难就难在八大类的多种污染物能否在同一装置的同一流程中实现。

常见的工业废气治理方法有冷凝回收法、吸收法、直接燃烧法、催化燃烧法、吸附法等。刘玉满分析:以往常见的催化低温燃烧法和活性炭吸附法,毫无疑问各具一定的创新性,对某些特定的气体净化的原理是符合科学性的,但对工业化生产应用的实用性和持久稳定性却有几方面的欠缺,值得讨论:

比如,任何催化剂都不可能“催化百气”,吸附剂也不可能“吸附百气”。工业废气是百气混合物,常见的催化剂有贵金属、复合氧化物、稀土三类。催化剂对人体来说就是兴奋剂,是一种神经毒素,即使是金属催化剂,也存在活性氧的污染和毒害。稀土催化剂之重金属危害是令人生畏的,复合氧化物催化剂的污染和毒害就不用多言了。

任何催化剂或吸附剂,其活性都会随使用时间而活性减退和消失,且不便更新更换。即使是贵金属催化剂,其贵金属含量也仅为0.5%~20%,余下多为炭,称铂炭、钨炭、锆炭、钙炭,高温易出现炭结,活性消退,一时不如一时,一天不如一天,不可能保证净化效果的稳定性。

任何物化反应都是能量转化过程,并需要一定的反应时间,反应时间是由气流速度、气流运动轨迹和反应空间的距离所决定,这些都显示出常见的废气处理方法的不足。

不但如此,一切可燃性有机气体都存在接触热体发生闪爆的危险。苯类和芳烃类气体各自都有特定的爆炸极限浓度,且绝大多数是0.7%~8%的浓度范围,而消失模铸造实型浇筑产生的废气浓度往往就在这个范围之内,或接近于这个范围,其接触热体、火焰、电火花等发生

爆炸的危险是不可忽视的,而苯类废气的闪点多在-11℃~30℃之间。因此,安全可靠的防爆消爆装置是其实用性和推广性的首要条件。

在历时3年的攻关历程中,中南铸冶团队不仅亲历了意外的闪爆,而且还多次特意创造闪爆条件来验证其闪爆原理,以找出切实可靠的预防和消除闪爆的科学方法,以做到万无一失,确保安全运行。

关于苯类废气净化问题,得先从消失模铸造的过程说起。干砂负压消失模铸造在浇注金属液的过程,型内泡沫模样物化反应的主要形式是热解,而EPS热解反应有三种形式:气化、燃烧、裂解。EPS在氧气充足条件下燃烧的生成物是H₂O+CO₂,缺氧易发生裂解,裂解的生成物则是含C·H的小分子的C₆H₆、C₆H₈、C₆H₁₀、C₆H₆-C₂H₆、C₆H₆等苯系致癌物,这就是治理的关键。

采访中刘玉满告诉笔者,有机物苯、苯系物、NMHC、TVOC在高温富氧超常压条件下充分反应生成CO₂+H₂O,SO₂充分转化成SO₃,NO转化为NO₂,金属氧化物及颗粒物在1000℃以上高温条件下熔化或被水所吸收沉积,这后四种污染物可以在强力鼓风的涡旋流排放中,被足量的水蒸气或水高效吸收而得以净化排放——这就是治理多种废气“万变不离其宗”的科学原理,其排放浓度能够持续稳定地符合国家环保排放的限值标准。

早在2008年,刘玉满就发明了消失模负压富氧快速烧空无碳铸造技术(ZL200810080960.8),消失模铸造先烧后浇关键之词是一个“烧”字,供氧正常才能烧,富氧状态才能充分燃烧,EPS在富氧氛围中燃烧,基本上避免了裂解反应的条件,没有裂解反应则不可能产生C₆H₆、C₆H₈之类的苯系芳香烃类的小分子致癌有害气体。在铸型内EPS泡沫即使局部有裂解反应也必然是低微的现象,析放的苯类物浓度甚为微量。在正常的富氧烧空过程中,苯类物的排放浓度可以接近甚至低于环保排放限值标准。“为此,我们完全有理由、有足够的理论依据负责任地指出:正常状态的消失模富氧烧空浇注工艺是一种环保化的先进工艺。”刘玉满告诉笔者。

当然,在工业化生产实际中,由于铸件的结构或生产条件不同,富氧燃烧先烧后浇工艺实施也不可能做到件件、时时都能达到“正常状态”,总会有一局部的部位处于非正常燃烧状态,况且二氧化硫的析放是不可避免的,故实施富氧烧空浇注的同时强化其废气净化处理才能锦上添花。

根据具有国家资质的环境监测站

定机构(桂林金桂环境监测有限公司)历时两年多在中南铸冶消失模铸造科研示范基地生产现场反复多次检测提供的数据表明:消失模实型浇注的铸件单重1500kg~2000kg碳钢管件,其烟气中,仅苯、甲苯、乙苯、苯乙烯四种有害物的总浓度在13,000mg/M³~15,000mg/M³范围,其他非甲烷芳香烃多为10,000mg/M³以上,即苯及各类除甲烷以外的芳烃类有害物质总浓度多在25,000mg/M³左右。

实施富氧烧空浇注的同类碳钢铸件单重1500kg~2000kg,常规富氧烧空度95%左右,其苯、甲苯、乙苯、苯乙烯四种有害物排放总浓度降至30mg/M³~40mg/M³,相当于实型浇注排放浓度的1/500,其他非甲烷芳香烃降至约350mg/M³,相当于实型浇注的4%左右。

消失模富氧烧空浇注技术发明于2008年,至今国内推广应用已有1000多个厂。就全国3000多家消失模铸造厂而言,至今仍实施实型浇注的却还有近2000家,仍占行业的多数,“归根结底还是一句话:实型浇注严重污染环境危害健康,但省事省钱,这是两种立场观念的斗争,是企业利润观与国家环保大局发生矛盾的体现。”刘玉满设想,如全国消失模铸造厂全面推行富氧烧空浇注,对其苯类废气的治理就会有利益得多。

展望:永担使命环保攻关无止境 再接再厉向垃圾焚烧领域进军

有危害必消除,有污染必治理,这是科技工作者们义不容辞的使命和历史责任。中南铸冶科技团队2021年的科研攻关直指遍及全国大小城镇的垃圾焚烧烟气净化领域。

桂林中南铸冶消失模铸造科研团队正是坚守使命和担当责任的楷模,他们从2018年投入消失模铸造苯类废气高温富氧超常压净化项目的研发,参与了世界卫生组织“2017年11月致癌物清单公告”的发布,历经挫折,尽心尽意为国家环保事业奋斗。

谈到科研的初心,刘玉满告诉笔者:“如果能得到国家和社会的认可并予以推广,对于我和单位来讲就是最好的精神奖励,就是几年付出的最高回报。但我们从事这个项目研究的初心,就是为了祖国天蓝水清地绿,即使攻关失败,这笔钱也是花得其所,即使攻关失败,也是为国家做了一点实实在在的工作,起码可以提供一些有用的或者可作为教训借鉴的科学数据。”

环保是国家的事业,其理念也需要普及和民众的支持。刘玉满呼吁:环保革命必须强化国家领导和各级政府落实;首先是全国性上上下下转变对工业废气的认识,认识其危害性,认识其与蓝天、绿水、青山的关系,认识其净化的科学原理和净化治理方法,不图表面求实在;对于效益不好的行业,比如,有铸造史以来苦、脏、累、毒著称于世的铸造行业应给予必要的政策与资金支持;把国家每年大量的环保建设资金花在实处,提高监管力度,一切企业的环保排放和一切“环保设施”都应以环保监测机构的检测数据为评判依据,以科学、公正、严谨的原则对一切有污染的企业进行监测,将环保落实到实处……

如今,刘玉满这个名字早已与现消失模铸造技术和工业废气净化法连在一起,成为中国铸造技术创新和大气环保历程上的一个耀眼的闪光点。在领航现代消失模铸造技术发展和独创工业废气净化法的过程中,不仅铭刻了这位新中国老一辈科研工作者潜心数十年的奋斗与坚持、创新与开拓的艰辛历程,更让他的个人价值得到了充分释放,实现了经济价值与社会价值的共赢。

“为了祖国天蓝水清地绿,工业废气净化使命在肩,科学无止境,攻关无止境,为国家服务无止境,中南铸冶团队将一如既往地做好该做的工作。”

(本文图片由丁笑天摄)



“刘玉满中铸1号”工业废气净化系统