

# 聚醚酮压片、冷却、粉碎一体机的设计

王树江,王钰铭,代 迅,陈 伟  
(长春工业大学化工学院,吉林 长春 130012)

**摘要:**根据聚醚酮生产参数、后续工艺要求,设计、制造了聚醚酮压片、冷却、粉碎一体机。经过实际生产使用,设备运行状况良好,能够满足生产要求。

**关键词:**聚醚酮;压片;冷却;粉碎;一体机;设计  
**中图分类号:**TQ55.8 **文献标识码:**A

**文章编号:**0253-4320(2010)10-0077-03

## Design of unity machine for poly(ether ketone) production with combined squashing, cooling and grinding operations

WANG Shu-jiang, WANG Yu-ming, DAI Xun, CHEN Wei

(School of Chemical Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

**Abstract:** Based on the requirement of production parameters and subsequent process, A new unity machine for poly(ether ketone) production combined with squashing, cooling and grinding is designed and manufactured. After practical running and testing, the operational status of the machine is good, and it can meet the requirement for production of poly(ether ketone).

**Key words:** poly(ether ketone); squash; cooling; grinding; unity machine; design

聚醚酮(PEK)、聚醚醚酮(PEEK)等生产中,冷却后的物料形成形状不规则的固体,为了除去其中的溶剂(溶剂常温是固体)、副产物等,需经粉碎处理<sup>[1]</sup>。工业粉碎过程通常采用机械粉碎,但由于此类特种工程塑料硬度大,在粉碎过程中,粉碎锤磨损严重,磨掉的金属粉末进入到物料中,即使经过强磁、旋水分离等去屑处理,仍有部分细小的金属粉末进入到物料中,影响产品的指标、性能及使用范围。有些非机械粉碎过程如风力粉碎,必须把待处理物料加工到一定粒度后进一步粉碎,对于颗粒较大的物料很难处理。基于生产的需要及产品的特殊要求,笔者经过长期的实践,设计了一种性能良好的压片、冷却、粉碎一体设备<sup>[2]</sup>。

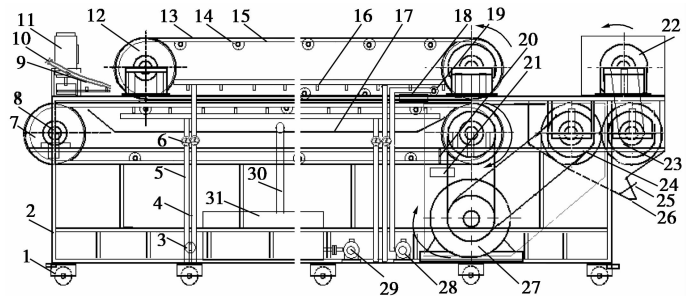
## 1 设备简介

### 1.1 工艺参数要求

生产参数、工艺要求:①合成后的聚醚酮总体积4 m<sup>3</sup>左右,出料温度325℃,要求在1.2 h内全部放出;②出料在尽可能短的时间内冷却,否则,物料高温暴露于空气中会变色;③成片厚度1.2~1.5 mm,成片太厚则影响精制速度,成片太薄则精制、包装、储运过程中产品容易折碎;④粉碎粒径大约为5 mm的多边形片,粉末料尽量少,以防后续精制过程中堵管、丢料;⑤为防止空气中灰尘等对物料的污染及特殊工艺要求等需采用连续操作。

### 1.2 设备结构

针对上述参数及工艺要求,经过多次、多步骤试验,组合一体,完成了如图1的一体化设备。其中主要包括布料部分、压片传输部分、冷却部分、辊碎部分。



1—万向轮;2—支架;3—进水口;4—上层进水管;5—下层进水管;6—进水调节阀;7—传送带轮;8—轴承套;9—接料摆动臂;10—接料法兰接口;11—摆臂电机;12—上皮带轮;13—传送带;14—辅辊;15—密封胶条;16—冷却水分布管;17—接水箱;18—传送带跑偏报警器;19—吸水管;20—刮水毛刷;21—接水盒;22—物料片打碎辊;23—辊碎从动辊;24—辊碎主动辊;25—接料插板;26—出料口;27—传动电机;28—上层传送带吸水泵;29—出水送水泵;30—循环水出水水箱;31—接水盆出水管

图1 聚醚酮压片、冷却、粉碎一体机主视图

### 1.3 各组成作用

万向轮:机器整体较大,目的是为了在车间内方便移动,每个轮承重800 kg。支架起骨架作用;同时,底盘架双层加强,防止地面不平,导致设备整体扭变,传送带跑偏等。进水口供给换热水。上层

进水管为上传送带供水,管径 DN40 mm,流量可调节(由进水调节阀)。下层进水管为下传送带供水,并由分布在传送带底部的喷头喷出,自然落入接水盒中,再靠自流进入循环水出水水箱。传送带轮撑起、带动传送带运动,设有轴、轴承、紧固调节装置。接料摆动臂使接料法兰接口流过来的物料均匀分散到传送带上,便于压片。摆臂电机提供摆臂动力,动作频率可由变频器控制。传送带:压片、冷却、传送物料片。辅辊辅助调整传送带。封水胶条在传送带两侧封起水坝,使传送带上始终存有一定量的水,便于传热。传送带跑偏报警:使用中传送带容易跑偏,严重时会将传送带撕裂,使设备无法正常使用;而设备较长,使用中跑偏观察不方便、或跟踪不过来,设置跑偏报警,提示使用者。吸水管吸出上传送带上吸热、温度已升高的冷却水,使传送带上水位保持一定高度。吸水动力来自上层传送带吸水泵。刮水毛刷:水浸的传送带绕过有水段后,表面会残留一部分水,并且表面向下,会无规律的滴落,时间长之后将淋湿地面或设备。接水盒接收刮水毛刷刮下的水。物料片打碎辊:由于物料片较硬,不能直接、连续进入压碎辊中,物料片打碎辊起到预粉碎作用,并使预粉碎的物料片靠自重滑落到2个辊碎辊之间。辊碎从动辊与辊碎主动辊对辊,将物料片压碎。接料插板:接料换代时插死、放料时打开,并由出口口接出物料。传动电机为传送带提供转动动力。出水送水泵:换热后流下来、进入循环水出水水箱的热水由此泵打到晾水塔。见图2。

#### 1.4 设计、制造中重点注意环节

(1) 传送带长、宽的确定。传送带长、宽及转速

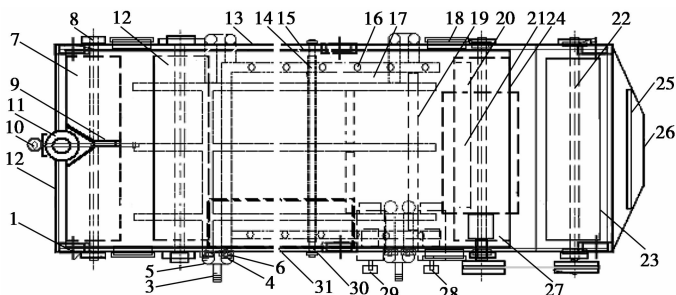


图2 聚醚酮压片、冷却、粉碎一体机俯视图

注:图2中设备名称编号同图1。

决定了设备生产能力。传送带采用1.0 mm厚的304不锈钢薄板。考虑冷却效果、设备寿命、稳定运行等,转动速度不能过快。宽度要考虑市售材料、摆料机构。根据实验数据,聚醚酮可上辊粉碎温度60~65℃,生产4 m<sup>3</sup>产物,同时以2套压片、粉碎设备工作计算,传送带长度单侧定为15 m。

(2) 冷却水流量。虽然冷却水流量可以随时调节,根据环境、冷却水温差及冷却效果等,结合实验数据,确定供水泵流量为80 m<sup>3</sup>/h。因此,排出水泵流量也为80 m<sup>3</sup>/h。

(3) 底架平台。底架平台是基础,是设备运输、移动乃至稳定运行的重要因素。尤其对设备放置平衡、传送带不跑偏、使用中不晃动等至关重要。

(4) 转动轮、传送带加工。一般而言,在其他条件相同情况下,不锈钢传送带转动滚直径越大,传送带寿命相对越长。转动轮直径定为600 mm。转动辊、轴同心程度越高,越有利传送带不跑偏。传送带采用1.0 mm厚的不锈钢板,对接时要斜口对接(图3),焊接时一定要保持平整、不变形。

(上接第76页)

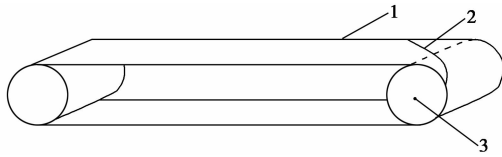
本文中建立了该工艺的焓分析模型,分析了该工艺的能量利用情况。经分析,该工艺的焓利用率为44.3%,脱丁烷塔和换热器7的焓利用效率较低,换热器4和脱乙烷塔的焓损失较大。焓分析结果指出了该工艺中用能薄弱的环节,为该工艺的优化提供了理论依据。

#### 参考文献

- [1] 王遇东. 天然气处理原理与工艺[M]. 北京:中国石化出版社,2007.
- [2] Yamanouchi N, Nagasawa H. Using LNG cold for air separation[J]. Chemical Engineering Progress, 1979, 75(7): 78-82.
- [3] Nakaiwa M, Akiya T, Owa M, et al. Evaluation of an energy supply

system with air separation[J]. Energy Conversion & Management, 1996, 37(3): 295-301.

- [4] Dispenza C, Dispenza G, La Rocca V, et al. Exergy recovery during LNG regasification: Electric energy production-part one[J]. Applied Thermal Engineering, 2009, 29: 380-387.
- [5] Na Zhang, Noam Lior. A novel near-zero CO<sub>2</sub> emission thermal cycle with LNG cryogenic exergy utilization[J]. Energy, 2006, 31: 1666-1679.
- [6] 熊永强, 华贵, 贾德民. 利用液化天然气卫星站冷能的废旧橡胶低温粉碎装置[J]. 现代化工, 2009, 29(7): 59-62.
- [7] 杜琳琳, 罗东晓, 徐文东. 南方地区冷库利用液化天然气冷能的技术研究[J]. 天然气工业, 2007, 27(6): 115-118.
- [8] 黄美斌, 林文胜, 顾安忠, 等. LNG冷能用于冷媒直接接触法海水淡化[J]. 化工学报, 2008, 59(12): 204-209.
- [9] 化工部第四设计院. 深冷手册[M]. 下册. 北京:燃料化学工业出版社, 1973. ■



1—传送带;2—传送带对接线;3—转动辊

图3 传送带焊接接口线图

(5) 粉碎辊的设计。粉碎辊设计好坏直接关系到整个设备的成功与否。针对粉碎后物料的尺寸、粉末率等笔者先后设计了多套、几种形式的辊。最终以图4尺寸、形状的辊最为合适。该粉碎辊粉末率仅有3.2%。

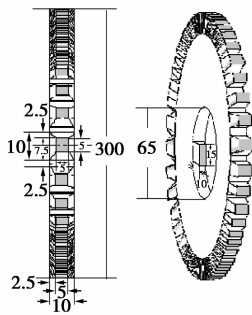


图4 粉碎辊单片尺寸图

另外,机器的布料、传送带、粉碎电机全部采用变频器控制,方便放料、冷却及粉碎等各环节的协调。

## 2 具体实施方式

反应釜放出的物料经布料管分散落到接料平台(下传送带上表面)上,并随下面传送带运动,与上传送带接触后压成薄片(厚度可调)。物料在上、下

层传送带之间传送过程中,与上传送带(传送带上有一定液位,并保持流动)及下传送带(底部有喷水)进行热交换,使其很快降温,然后进入辊碎机辊碎,并由接料口接得物料。传送带由不锈钢薄板制成。上传送带上表面有一定高度的冷水,并有循环。下传送带底部喷水,上下同时冷却,保证冷却效果,防止进入辊碎环节物料没冷凝下来粘辊。辊碎装置是由相互啮合的、并有一定间隙、特别设计的类齿轮组成。传送带宽度、速度、设计加工长度决定生产能力。

## 3 使用中应注意的问题

(1) 开动机器前,要先检查传送带是否处于正常状态。包括位置、松紧、带上是否有物品等,表面是否清洁。

(2) 向上传送带供水,并调节其上液位高度稳定。液位低冷却效率低;液位过高,运行中容易跑水。

(3) 先开机器后放物料。放料时缓慢打开放料阀,以免由于出料过快,物料被压到传送带以外。

(4) 保证循环冷却水洁净,注意观察温度变化,随时适当调节水量。

(5) 杜绝未冷物料进入粉碎辊。

(6) 听到跑偏报警后,要及时调整。

(7) 由于物料温度较高,注意避免烫伤;整机机械运动部件较多,注意服饰,防止绞伤。

(8) 物料放净后,先停传送带,再停冷却水。

几种粉碎设备经过实际生产使用,粉碎后物料的相关数据见表1。

表1 压片冷却粉碎一体机实际生产使用的相关及对比较数据表

粉碎机	粉碎形式	给料形式	运行方式	粒度均匀程度	铁粉质量含量/mg·kg <sup>-1</sup>	粉末率/%	再生粉末率/%
锤式粉碎机	锤料撞击	熔融放料	间歇	均匀	1.2	17.3	4.1
压片、冷却、粉碎一体机	挤压	成片给料	连续	比较均匀	0.2	3.1	0.9
水利粉碎机	水料撞击	任意形状	连续	相对均匀	接近0	1.2	0.3
专业厂家生产粉碎机	挤压	成片给料	连续	比较均匀	0.4	8.7	3.6

表1中中铁粉含量关系到产品质量指标。粉末率指粉碎物料通过20目分样筛的物料量占总物料的百分数。再生粉末率指物料在装袋、转运等过程中产生的粉末占总物料的百分数。粉末率、再生粉末率关系到后续工序。

锤式粉碎机是最开始使用的通用型机械粉碎机,主要依靠锤料撞击粉碎,粉碎后的物料铁粉含量严重超标,影响了产品的指标。为解决此问题,笔者一方面与专业厂家联系,购买合适的产品;一方面试

验、设计、开发合适设备,解决生产实际问题。压片冷却粉碎一体机、水利粉碎机<sup>[3]</sup>是笔者自主研发的粉碎机。

根据实际生产参数及工艺要求,笔者几经在压片、冷却、粉碎多步试验的基础上,设计、制作出过程连续、运行稳定、效果理想、有自主知识产权的机器。整机质量6.5t,全长16800mm,宽180mm,高度2250mm。支架部分采用碳钢,表面镀锌。配备

(下转第81页)

### 1.1.3 粉矿成球入炉

提高炉料的比电阻,尤其是高温比电阻炉料的电阻增大,可使电极下插深度增加,高温区下移,反应区扩大,提高气-固相之间的传热、传质效率,使电极端部有很高的有用功率,降低了逸出气体温度和料面温度,提高了电炉热效率,降低了电耗,减少了气体带出粉尘量。杨华明等采用有机黏结剂成型黄磷炉料磷矿、还原剂、硅石,研究了比电阻随温度的变化,结果表明,使用煤、半焦、焦炭3种不同的还原剂制备的3种样品,均能大大增加炉料的比电阻,单独用焦粉成型的样品,常温下也比块状焦炭的比电阻大近6倍。实际生产证明,经有机黏结剂成型的黄磷炉料代替原始的块状炉料冶炼,可节电20%,节约焦耗30%,产量增加20%,综合生产成本下降20%<sup>[3]</sup>。杨华明采用有机黏结剂成型黄磷电炉原料制备成配碳团块,与不含碳团块相比,配碳团块的熔化温度降低47℃,还原速率增加10%<sup>[4]</sup>。

## 2 资源利用

### 2.1 黄磷渣的利用

电炉磷渣的主要成分是硅酸钙,传统处理工艺是将高温熔渣水淬为常温渣粒,然后再添加到水泥生产配料中,添加量约为30%。这种传统水淬处理工艺浪费了熔融黄磷渣中所蕴含的大量热能,产生了大量的腐蚀性热蒸汽,造成废水的二次污染。因此,将出炉高温熔融黄磷渣(1400℃左右)不经水淬直接制备工业产品是电炉磷渣利用的必然之路。

#### 2.1.1 制备矿渣微晶玻璃

杨家宽等<sup>[5]</sup>利用在直接出炉的高温熔融黄磷渣中加入一定的调节料和辅热,混合均化后成型获得了高性能的微晶玻璃材料,磷渣用量为68%(质量分数)。1t玻璃熔体能够制得面积为1m<sup>2</sup>(厚度为2cm)的微晶玻璃13块。相比普通玻璃成型工艺,其最大差别是利用了熔融黄磷渣的高温,因此,能耗至少要节省60%以上,成本大大降低。据报道,由瓮福集团和清华大学共同研发的微晶玻璃生产技术已在瓮安瓮福黄磷公司投产。

### 2.1.2 制耐火保温纤维(矿渣棉)

利用电炉磷渣出渣时的熔融状态,直接加工成膨松的纤维,其性能同国内现在使用的硅酸铝纤维十分相似,可以用于管道设备的保温,同硅酸铝纤维相比,硅酸钙保温纤维具有同样的保温隔热效果,相比硅酸铝纤维的加工,矿渣棉不需要消耗能源加热融化,也无需购买原料,其成本远远低于硅酸铝纤维。

### 2.2 黄磷尾气的利用

黄磷尾气中CO的体积分数高达85%~95%,理论上每生产1t黄磷副产含CO的尾气2600~3000m<sup>3</sup>。黄磷尾气的综合利用主要为2种途径:一是利用其热值作燃气;二是利用其富含高浓度CO的优势合成多种碳一化工产品。表1给出了黄磷尾气的典型组成。

表1 黄磷尾气典型组成

体积分数/%					
CO	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
85~95	0.05~0.30	1~8	2~5	1~4	4~5
质量浓度/mg·m <sup>-3</sup>					
总P	H <sub>2</sub> S	HF	SO <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	COS
720~2550	680~2100	280~310	120~910	510~1000	80~220

#### 2.2.1 黄磷尾气作燃气

黄磷尾气作燃气是目前工业应用最广泛的途径。一般作为黄磷电炉入炉原料的干燥、聚合产品的热源或蒸汽锅炉的燃气使用。这些技术均已成熟,但CO热值仅为碳的1/3,作为能源的利用价值较低。但相比火炬放空且黄磷产能较小、配套能力较弱的企业不失为一种有效的利用途径。

#### 2.2.2 黄磷尾气合成碳一化工产品

CO是碳一化工中极其重要的基础原料,可以制取甲酸、甲醇、草酸、二甲醚、碳酸二甲酯等众多化工产品。目前碳一化工所用的CO主要有石油气变换、天然气变换和煤造气3种来源,不管哪种来源都有较高的成本,变换提纯的CO一般在3.0~3.8元/m<sup>3</sup>。而黄磷尾气CO含量约是煤气发生炉的3倍,

(上接第79页)

静电喷涂控制箱。目前,机器运行状况良好,解决了实际生产问题。

### 参考文献

[1] 高燕,邢利燕.弱碱存在下多苯基取代联苯双酚/二氟二苯酮聚

合反应机理的研究[J].高分子材料科学与工程,1999,15:45-47.

[2] 长春工业大学.工程塑料辊片、冷却、粉碎一体机:中国,2009200941118.X[P].2010-05-12.

[3] 长春工业大学.工程塑料水力粉碎机:中国,2009200941117.5[P].2010-05-12. ■