

常温和低温相结合的橡胶粉碎工艺

吕俊¹ 吕志榕²

1.中海浙江宁波液化天然气有限公司 2.中海能源发展股份有限公司采油服务分公司

吕俊等.常温和低温相结合的橡胶粉碎工艺.天然气工业,2011,31(6):107-110.

摘要 尽管全低温深冷橡胶粉碎工艺的产品粒度小、表面光滑且均匀、产品性能很好,但较之常温橡胶粉碎工艺其设备投资大、冷媒消耗量高、生产成本及运行成本也大大增加,导致其产品价格失去市场竞争优势。为此,通过对比研究,提出了常温—低温结合橡胶粉碎工艺,即前段工艺采用常温法粉碎废旧轮胎,将废旧轮胎处理成20~30目的粗胶粉,后段采用低温法进一步粉碎粗胶粉。该工艺产品的质量完全可以达到全低温深冷橡胶粉碎工艺产品质量的水平,但投资成本却大大降低,且较低的冷媒(液氮)消耗量也降低了产品成本,是一种经济合理、成熟先进的橡胶粉碎工艺。

关键词 LNG 冷能利用 橡胶粉碎 低温 液氮深冷 两段法 设备投资 冷媒消耗量

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.06.023

液化天然气(LNG)在常压和 $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下液化后体积可缩小为气态时的1/600,这一特性为天然气高效输送提供了新的途径,也扩大了天然气的应用领域^[1-5]。LNG在利用之前,需要海水或者空气等介质通过热交换把它气化为常温气体,在此过程中,会释放大量的冷能。1 t LNG气化时放出的冷量大约860 MJ,折合电量约为 $240\text{ kW}\cdot\text{h}$,这些冷能若不加以利用将会造成巨大的浪费。国家发改委能源局明确要求相关单位在利用清洁高效天然气的同时,认真研究LNG冷能的综合利用,以提高LNG的使用效率,推动能源资源的循环利用。其中利用LNG冷能进行低温橡胶粉碎就是一项较好的冷能利用项目。

低温橡胶粉碎工艺是利用LNG冷能将废旧轮胎冷冻至玻璃化温度以下,通过机械粉碎的方式将其制成精细胶粉。这种方法粉碎出的胶粉粒径小、表面光滑、性能较好,可用于高性能和高附加值的橡胶制品中,能有效改善制品性能。根据LNG冷能利用方式的不同,该方法可以分为LNG冷能直接利用法和LNG冷能间接利用法。LNG冷能间接利用法的工作原理是利用液态氮在低温下粉碎一些在常温下难以粉碎的物质,与常温粉碎工艺相比,它能把物质粉碎成极小的微粒^[6]。而直接利用LNG冷能的低温橡胶粉碎

工艺目前技术尚不成熟,还没有工业化利用。以液氮为冷媒的深冷粉碎技术在国外已有50年的历史,技术已经十分成熟。而在实际生产中,由于传统的低温粉碎工艺成本太高,国内的低温粉碎企业几乎全部停产或转产,造成了120目以上的胶粉无法直接生产。而目前国外的胶粉应用情况却表明,胶粉越细其应用范围越广、替代率越高,其制品的附加值越高、质量越优。以轮胎生产为例,80~120目的胶粉添加量为5%~15%,如果用200目的胶粉,添加量可以达到20%,甚至更高。

1 传统的橡胶粉碎工艺

1.1 常温橡胶粉碎工艺

常温橡胶粉碎工艺是指在常温或高于常温的温度下通过机械作用粉碎橡胶制成胶粉的一种粉碎法^[7],其原理是在常温下,采用破碎机和切搓机等设备通过机械剪切力的作用对橡胶进行挤压、碾磨、剪切和撕拉,从而将其切断和压碎,生产出粒径为20~100目的胶粉。

该方法尽管可以生产出粒径为20~100目的胶粉,但粒径超过80目的胶粉产出率很低,此时,生产成本将大大增加。另外,常温粉碎法生产粒径大于80目的胶粉时,橡胶分子的物理性能就会在粉碎过程中因

热力作用而遭到破坏,从而影响胶粉的应用性能。总的来说,常温橡胶粉碎工艺生产的胶粉目数较低,只能作橡胶地板、橡胶鞋底、胶带和胶管等低附加值产品的回掺料,应用具有很大的局限性。

目前国内常温橡胶粉碎工艺一般是在敞开的环境下对废旧轮胎进行粉碎,粉尘污染问题较为严重,需要采取除尘措施,设备产生的噪音经处理后可达标。

1.2 全低温深冷橡胶粉碎工艺

全低温深冷橡胶粉碎工艺是利用液氮使废旧轮胎冷至玻璃化温度以下之后对其进行粉碎。用这种方法粉碎出的胶粉粒径小、表面光滑、受热氧化程度低、性能较好,可用于高性能、高附加值的橡胶制品中,如改性沥青、子午线轮胎胎面胶、高性能塑料、热塑性弹性体、涂料、黏合剂和军工产品等。

全低温深冷橡胶粉碎工艺生产精细胶粉现在已有成熟的设备及工艺,德国 INTEC 公司、加拿大 RTI 公司和美国 Supercool 公司生产线设备的综合水平都已达到世界先进水平,其生产线整胎粉碎过程由整胎投入、粉碎、冷却研磨、钢丝和纤维分离等环节组成。

尽管全低温深冷橡胶粉碎工艺的产品粒度小、表面光滑且均匀、产品性能很好,但较之常温橡胶粉碎工艺其设备投资大,冷媒消耗高,生产成本及运行成本也大大增加,导致其产品价格失去竞争优势。

2 常温和低温相结合的橡胶粉碎工艺

常温和低温相结合橡胶粉碎工艺的前段工艺采用常温法粉碎废旧轮胎,将废旧轮胎处理成 20~30 目的粗胶粉,后段采用低温法进一步粉碎粗胶粉^[8]。该粉碎工艺的工艺流程如图 1 所示。

常温和低温相结合的橡胶粉碎工艺综合了常温法和全低温深冷法粉碎废旧轮胎的优势,克服了全低温深冷橡胶粉碎工艺设备投资大、生产及运行成本高的缺点,产品成本相对较低、性能稳定、粒度小、表面光滑且均匀,适合高附加值的产品应用要求。

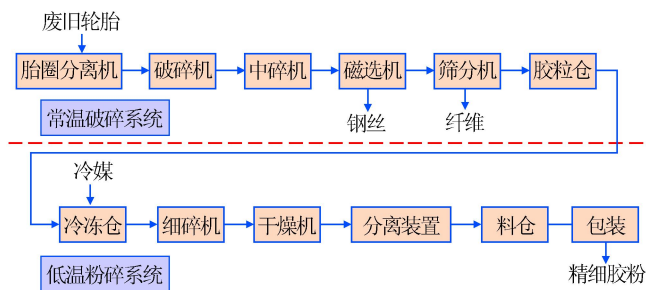


图 1 常温和低温相结合的橡胶粉碎工艺流程图

2.1 常温部分

首先采用胎圈分离机将轮胎胎口圈钢丝束完整干净地分离,再采用轮胎破胶机把轮胎分解成粒径为 50 mm 的胶块,然后由皮带输送机把胶块送入轮胎破碎机组进行破碎,破碎机的前后辊筒平行排列,两辊筒间呈“U”字形,辊筒上有沟槽,沟槽深 5~10 mm,宽 15~30 mm,呈 5°~10°倾斜,两辊筒花纹沟呈交叉方向。粗碎后的粒径为 10 mm 左右。辊筒粉碎机对处理过的废旧轮胎具有足够的剪切力,有很好的粗碎性能,其粉碎能力与辊筒的直径成正比,辊筒直径愈大,粉碎能力也愈大。破碎后的胶块通过辊轮筛选机进行筛选,粒径大于 10 mm 的胶块由返料皮带送回破碎机组再次破碎直至达到要求,粒径小于 10 mm 的小胶块由斗式提升机送入钢丝分离机进行处理,使钢丝与橡胶完全分离,此时,已有超过 20% 的胶料成为 20 目以上的胶粉,然后再将其送入磁选系统进行磁选,使钢丝被选出。胶料通过胶粉筛进行筛分后由螺旋提升机送入分料料仓,再由螺旋输送机送入中碎机进行粉碎,并由胶粉筛进行筛分,粒径达到要求(一般为 20~30 目)的胶粉再一次进行磁选和纤维分离后进入中间料仓,作为细碎工序的备料。粒径未达到要求的胶粉通过螺旋提升机、分料料仓和螺旋输送机进入中碎机进一步粉碎,直至其粒径达到生产要求。20~30 目的常温胶粉存储在常温料仓中。该流程如图 2 所示。

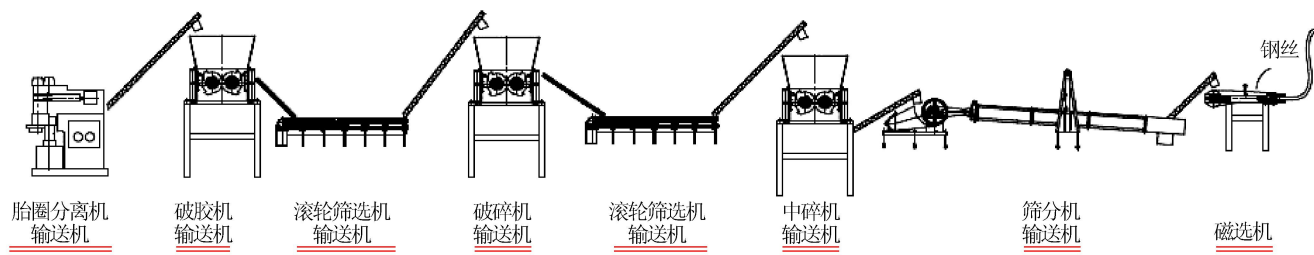


图 2 常温部分工艺流程图

2.2 低温部分

从常温料仓出来的 20~30 目的常温胶粉通过螺旋输送机输送到冷冻室进行冷冻。冷冻室由入口气塞、出口气塞和液氮控制系统组成。液氮将胶粉从常温冷冻到玻璃化温度,而冷冻室内的螺旋推进器可以推动胶粉通过冷冻室。冷冻室由不锈钢内筒、电镀外壳和中间绝缘部件组成,并安装有橡胶涂层的传动轮,使装置能有效旋转并保持磨损最小。经冷冻室冷冻过的胶粉再由螺旋输送机输送到细碎机进行进一步的粉碎。细碎机的电机功率一般为 50~150 kW,带有变频

驱动器,可以按要求粉碎出 80 目以上的胶粉产品。经过细碎机细碎的胶粉通过螺旋输送装置输送到干燥系统进行干燥,干燥系统配有热风炉,由风机把加热后的空气送入干燥机对胶粉进行加热,以此来去除胶粉中的水分,防止胶粉在输送过程中出现结块和堵塞现象。在干燥机的末端有 1 套分离系统负责不同粒度胶粉的分离,通过这套分离系统可以把大颗粒的胶粉分离出来送回冷冻室进行进一步的粉碎,分离后的合格固体胶粉进入细粉料仓进行称重、包装和成品入库。该流程如图 3 所示。

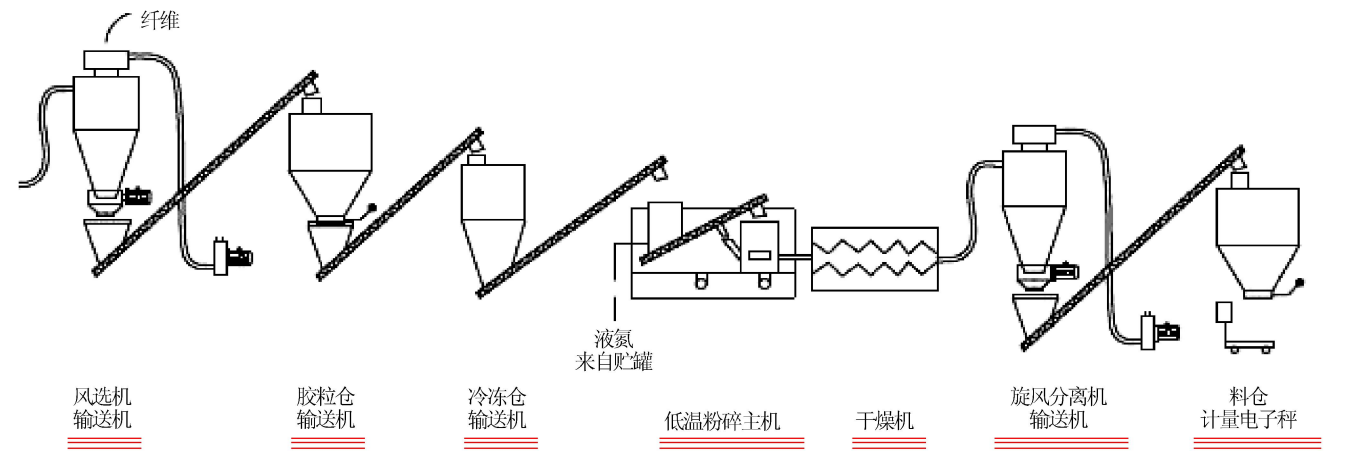


图 3 低温部分工艺流程图

2.3 推荐的产品消耗定额

如果废旧轮胎的年处理量为 20 000 t,那么就可年产精细胶粉 13 000 t,副产钢丝 5 000 t,副产纤维 2 000 t。每吨胶粉生产所需原材料及燃料动力消耗为:废旧轮胎 1.54 t,液氮 1.45 t,包装袋 20 个,水 2.4

t,电 610 kW·h,天然气 12 m³。

3 工艺方案的比较

常温橡胶粉碎工艺、全低温深冷橡胶粉碎工艺和常温和低温相结合橡胶粉碎工艺的比较见表 1^[9]。

表 1 工艺方案比较表

比较项目		常温橡胶粉碎工艺	全低温深冷橡胶粉碎工艺	常温—低温结合橡胶粉碎工艺
产品质量		橡胶含量为 99% ¹⁾	橡胶含量为 99% ¹⁾	橡胶含量为 99% ¹⁾
胶粉粒度		20~100 目,80 目以上产品很少	80 目以上产品占 90%	80 目以上产品占 90%
每吨产品的公用工程消耗量	电 / kW·h	800	400~500	610
	氮气 / t	0	2.40	1.45
	LNG / t	0	0	0
	燃气 / m ³	0	40	12
废轮胎耗量比		1.54	1.54	1.54
定员 (人/班)		14	6	7
适用性	对厂址要求	无特殊要求	附近区域有液氮供应	附近区域有液氮供应
	对运输要求	无特殊要求	需管道或槽车运输液氮	需管道或槽车运输液氮
占地	生产线占地 / m ²	1 800	1 000	1 260
	厂房面积 / m ²	2 700	4 000	2 520
国产化程度		完全国产化	整条生产线进口	部分国产化

注:1)为质量分数。

由表1可以看出,无论是产品的品质,还是生产成本,常温和低温相结合的橡胶粉碎工艺均具有较大的优势。

4 结 论

1)目前 LNG 冷能具有多种利用方式,其中低温橡胶粉碎法是一种较好的利用 LNG 冷能的方式。

2)虽然国内胶粉产量逐年提高,但高端精细胶粉市场仍是空白。福建、浙江和上海等地 LNG 接收站的建成为利用 LNG 冷能进行低温橡胶粉碎提供了一个契机。

3)常温橡胶粉碎工艺投资低,但产品粒度较大,产品不具备竞争性。全低温深冷橡胶粉碎工艺投资高、冷媒消耗量较大,提高了单位产品的生产成本,导致产品利润减少。常温和低温相结合的橡胶粉碎工艺综合了常温橡胶粉碎工艺和全低温深冷橡胶粉碎工艺的优点,常温段采用国内先进工艺,低温段采用国外成熟的先进技术,降低了投资成本。

参 考 文 献

[1] 初燕群,陈文煜,牛军锋,等.液化天然气接收站应用技术

[J].天然气工业,2007,27(1):120-123.

[2] 华贲,熊永强.中国 LNG 冷能利用的进展和展望[J].天然气工业,2009,29(5):107-111.

[3] 熊永强,华贲,陈忠南,等.利用 LNG 冷能开展低温储粮[J].天然气工业,2009,29(5):118-121.

[4] 徐文东,边海军,樊栓狮,等.LNG 卫星气化站冷能利用技术[J].天然气工业,2009,29(5):112-114.

[5] 刘小丽.中国天然气市场发展现状与特点[J].天然气工业,2010,30(7):1-6.

[6] 朱文建,张同,王海华.液化天然气冷能利用的原理及方法[J].煤气与热力,1998,18(2):33-35.

[7] 杨艳利,华贲,徐文东,等.低温粉碎橡胶技术在我国的发展前景[J].化工进展,2006,25(6):663-666.

[8] 梁焱,郭有仪,郁永章.橡胶低温破碎条件的突变分析[J].低温工程,2001,23(3):34-38.

[9] 聚合制品试验工厂.从以天然或合成橡胶为基料的橡胶制取粉末的方法:中国,88100680[P].1988-09-07.

(修改回稿日期 2011-03-29 编辑 何 明)