

全国性非金属矿行业期刊

中国科技核心期刊

ISSN 1007-9386

中国非金属矿工业

导刊

CHINA NON-METALLIC MINERALS INDUSTRY

2021.6

中国非金属矿工业导刊

2021年第6期 总第150期



中国建筑材料工业地质勘查中心，是国内一支专业从事建材非金属矿地质勘查工作的国家队，是全球最大的综合性建材产业集团中国建材集团旗下的二级单位。地勘中心顺应国家建设需要，不断拓展业务领域，形成了地质勘查、工程勘察与施工、地理信息及生态修复、矿业开发四大主业；所属30个地勘单位和70余个企业分布在27个省（市）、自治区，形成了覆盖全国的业务格局。

60多年来，地勘中心坚持以服务国家、地方经济建设和社会发展为己任，并按照集团战略，努力实现“具有核心竞争力的一流地勘矿业集团”的目标构想。

中国建材地质勘查中心

ISSN 1007-9386



主办单位

中国建材集团有限公司
中国建筑材料工业地质勘查中心
中国非金属矿工业协会

全国性非金属矿行业期刊
中国科技核心期刊
中国科技论文统计源期刊
中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊
中国核心期刊(遴选)数据库全文收录期刊

中国非金属矿工业导刊

ZHONGGUO FEIJINSHUKUANG GONGYE DAOKAN

双月刊

2021年第6期(总第150期)

(1998年创刊)

主管单位 中国建筑材料联合会
主办单位 中国建材集团有限公司
中国建筑材料工业地质勘查中心
中国非金属矿工业协会
承办单位 中材地质工程勘查研究院有限公司
主编 陈正国
副主编 李登科
编辑部副主任 杜鹏
责任编辑 杜鹏
美编 赵维佳
编辑出版 《中国非金属矿工业导刊》编辑部
刊号 ISSN 1007-9386
CN11-3924/TD
发行范围 国内外公开发行
国内发行 北京报刊发行局
邮发代号 82-319
国外发行 中国图书进出口公司
国外发行代号 BM3924T
国内订阅 全国各地邮局
编辑部地址 北京朝阳区望京西路甲50号-1
卷石天地大厦A座五层(100102)
编辑部电话 010-64795861
广告部电话 010-67898385 15901254587
本刊网址 <http://lgfk.cbpt.cnki.net>
电子信箱 zfdaokan@163.com
资讯网 www.cnma.com.cn
广告准予证 京西市监广登字 20170271号
印刷 北京柏力行彩印有限公司
出版日期 2021年12月20日
定价 每册10.00元 全年60.00元
期刊基本参数 CN11-3924/TD*1998*b*16*78
*zh*p* ¥10.00*7000*20*2021-12



(微信公众号)



(购买本刊请扫上方二维码)

目次

综述

- “十四五”非金属矿企业创新工作方向及路径浅析
..... 王洁军 王晓芳 郎营 (1)
滑石在塑料增强改性中的应用及技术进展
..... 齐颖 贾岫庄 (5)

矿产资源

- 甘肃石灰岩矿分布特征及资源潜力分析 赵文博 罗小红 (9)
我国矽卡岩型石墨矿床成因类型及其意义
..... 颜开 杨刚 张小林 李芑 (13)
河南灵宝市朱阳镇虢州石矿资源特征及开发利用前景
..... 冯建涛 (16)
河南南召神仙崖饰面用花岗岩矿床地质特征及加工性能浅析
..... 刘坤 陈泳霖 黄丹峰 柴建玉 (19)
我国膨润土开发利用现状和对策建议 舒锋 宋双艳 (24)
内蒙古扎鲁特旗哈留特高金叶蜡石矿地质特征及成因探讨
..... 李文臣 胡天琪 张文强 (27)
辽西六家子膨润土矿床地质特征及矿床成因探讨 刘立柱 (30)
辽东张家堡子绿泥石矿床地质特征及成因探讨 张金良 (34)
哈萨克斯坦小卡拉套盆地某磷矿床地质特征及成因探讨
..... 王傲雷 夏强 (37)
广西贺州石羊山饰面用花岗岩矿地质特征及开发利用
..... 刘中楠 高银梅 黄勇炜 姜河 (41)
四川甘孜州巴塘县格绒纳水泥用绢云石英片岩矿地质特征及成因
浅析 王文玉 邓修林 (44)

试验研究

- 火焰光度法测定长石中氧化钾、氧化钠时两者相互干扰的研究 ...
..... 张耀华 孟燕 赵鹏 从相军 (47)
茂名高岭土漂白酸性废水的循环回用试验研究
..... 代滇 代雷孟 李坤 王志国 (50)
内蒙古天然鳞片石墨制备高温堆燃料元件石墨粉体的粉碎工艺探究
..... 张宇 曹欣磊 王小辉 白娟等 (53)
 $\Phi 75$ 旋流器在超细高岭土选矿中的应用研究 林宝泰 (57)
辽宁某石英岩选矿提纯工艺试验研究
..... 邵坤 刘敏 程亮 胡志刚 (60)

技术方法

- XRD法定量分析蒙脱石含量及影响因素研究
..... 董文辉 李宁 张奇奇 (63)
优化的GM(1,1)模型在水泥用石灰岩产量预测中的应用研究 ...
..... 赵磊 薛东剑 方坤 (67)

其他

- 信息/2021年总目录 (52,59,71,73)

National Non-metallic Minerals Professional Periodical

CHINA NON-METALLIC MINERALS INDUSTRY

No.6 2021 (Serial No.150)
(Bimonthly)

MAIN CONTENTS

- Non-metallic Minerals Enterprises' Direction and Path of Innovation During
14th Five-Year Period WANG Jie-jun et al (1)
- Talc Application in Polymers' Reinforcing Modification and Technical
Development QI Ying et al (5)
- The Distribution of Limestone in Gansu Province and Its Resource Potential
Analysis ZHAO Wen-bo et al (9)
- Types and Significance of Skarn-type Graphite Deposits in China
..... YAN Kai et al (13)
- Characteristics and Utilization Prospects of Guozhou Stone Resources in
Zhuyang Town, Lingbao City, Henan Province FENG Jian-tao (16)
- Geological Characteristics and Processing Technical Performance of
Shenxianya Facing Granite Deposit in Nanzhao, Henan Province
..... LIU Kun et al (19)
- Development and Utilization of Bentonite in China and Countermeasures
..... SHU Feng et al (24)
- Geological Characteristics and Genesis of Haliutegaojin Pyrophyllite
Deposit in Zhalute Banner, Inner Mongolia LI Wen-chen et al (27)
- Geological Characteristics and Genesis of Lionize Betonies Deposit in
Western Liaoning Province LIU Li-zhu (30)
- Geological Characteristics and Genesis of Zhangjiapuzi Chlorite Deposit in
Eastern Liaoning ZHANG Jin-liang (34)
- Geological Characteristics and Genesis of a Phosphate Deposit in Karatau
Basin of Kazakhstan WANG Ao-lei et al (37)
- Geological Characteristics and Exploration of Shiyangshan Facing Granite in
Hezhou City, Guangxi Province LIU Zhong-nan et al (41)
- Geological Characteristics and Genesis of Sericite Quartz Schist Deposit
Used for Cement in Batang County, Ganzi Prefecture, Sichuan Province
..... WANG Wen-yu et al (44)
- Study on Mutual Interference of Potassium and Sodium in Feldspar by Flame
Photometry ZHANG Yao-hua et al (47)
- Experimental Study on Recycling of Maoming Kaolin Bleaching Acidic
Wastewater DAI Dian et al (50)
- Pulverization of Natural Flake Graphite From Inner Mongolia for the
Preparation of Fuel Element Matrix Graphite Powder
..... ZHANG Yu et al (53)
- Application of $\Phi 75$ Cyclone in the Beneficiation of Ultra-fine Kaolin ...
..... LIN Bao-tai (57)
- Experimental Study on Beneficiation and Purification Technology of a
Quartzite in Liaoning SHAO Kun et al (60)
- Quantitative Analysis of Montmorillonite Content by XRD Method and
Influencing Factors DONG Wen-hui et al (63)
- Research on the Application of Optimized GM(1,1) Model in the Production
Forecast of Limestone for Cement ZHAO Lei et al (67)

广告目次

彩色广告

- 中国建筑材料工业地质勘查中心 (封面)
- 合肥水泥研究设计院 (封二)
- 中国非金属矿工业协会 (封三)
- 合肥中亚建材装备有限责任公司 (封底)
- 中材地质工程勘查研究院有限公司 (前彩一)
- 北京华星勘查新技术有限公司 (前彩二)
- 内蒙古超牌新材料股份有限公司 (前彩三)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心甘肃总队 (前彩四)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心广西总队 (前彩五)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心贵州总队 (前彩六)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心青海总队 (前彩七)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心吉林总队 (前彩八)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心云南总队 (后彩一)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心江苏总队 (后彩二)
- 中国建筑材料工业地质勘查中心黑龙江总队 (后彩三)
- 第八届中国(北京)国际矿业展览会 (后彩四)

单色广告

- 上海申银机械(集团)有限公司
- 开封市剑强磁选设备厂

敬告读者

本刊自 2021 年第 1 期起,正文页码由 64 页变更为 80 页,刊期为双月刊,逢双月 20 日发行。欢迎新、老客户到当地邮局或向本刊编辑部订阅。本刊尚有 2003 ~ 2020 年合订本及增刊可供选订。

在线投稿通知

《中国非金属矿工业导刊》在线投稿系统已全面启用,是经百度认证的官方网址。欢迎广大作者在线注册投稿,投稿后可自行查询稿件进度。同时,请广大作者注意甄别其他虚假投稿网址,切勿轻易汇款,以免造成经济损失。

本刊网址: <http://lgfk.cbpt.cnki.net>

《中国非金属矿工业导刊》编辑部

【综述】

滑石在塑料增强改性中的应用及技术进展

齐颖¹, 贾岫庄²

(1. 辽宁艾海滑石有限公司, 辽宁 海城 114200; 2. 大连海晨化工矿产有限公司, 辽宁 大连 116001)

【摘要】滑石的增强改性作用源自其片状结构, 主要用于汽车和家电行业使用的聚丙烯塑料增强改性。滑石的纯度、白度、细度和片度“四度”是决定改性效果的主要因素。提高产品的细度和径厚比均可提升效果。气流磨在微细研磨和提高径厚比方面几乎已经发挥到了极致, 而采用砂磨不但能进一步提高细度, 还能更好地保持滑石的片状结构和径厚比, 显著提升制品的各项性能, 是今后高性能滑石粉体的发展方向。

【关键词】滑石; 塑料; 增强; 改性

【中图分类号】P574.11; P578.958

【文献标识码】A

【文章编号】1007-9386(2021)06-005-04

Talc Application in Polymers' Reinforcing Modification and Technical Development

QI Ying¹, JIA Xiu-zhuang²

(1. Liaoning Aihai Talc Co. Ltd., Haicheng 114200, China; 2. Dalian Haichen MinChem Co. Ltd., Dalian 116001, China)

Abstract: The remarkable lamellar feature enables talc significantly reinforces physical performances of polymers, especially polypropylene widely used in automobile and household appliance sectors. The efficiency of reinforcement mainly depends on talc's 4 dimensions: purity, whiteness, fineness, and lamellar structure. The jet mill has reached its limit to improve fineness and aspect ratio. Sand mill, can not only improve talc fineness but also maintain its lamellar structure with high aspect ratio, improving product's various performance. Sand mill grinding is the future development trend for producing high-performance talc.

Key words: talc; polymers; reinforce; modification

塑料增强改性是滑石的重要应用领域, 特别是用于汽车和家电行业聚丙烯改性。滑石可以提高制品的热变形温度, 增加尺寸稳定性, 降低成型收缩率。超细滑石粉提高制品的刚性、耐蠕变性, 以及冲击强度^[1-2]。因此车用的内饰件、外饰件以及结构件中, 很多都采用滑石增强改性聚丙烯材料。为应对全球气候变化, 减少排放, 实现“碳达峰、碳中和”目标, 轻量化已经成为汽车工业发展的潮流。实验证明, 若汽车整车重量降低10%, 燃油效率可提高6%~8%; 汽车整备质量每减少100kg, 百公里油耗可降低0.3~0.6L。车用改性塑料迎来了新的发展机遇。

但在实际使用和研究中发现: 并不是所有市面上标注为滑石的产品都有预想的增强改性效果, 有些产品甚至没有任何作用。加入滑石后塑料基体颜色变暗, 不同产地的滑石使颜色变暗的程度也不一样。产生这些问题的主要原因可能是由于对滑石的特性了解不全面, 产品选型不恰当。在选用滑石型

号时, 很多人只关注干白度和目数。甚至片面地认为, 越细越好。其实滑石的纯度、白度、细度和片度“四度”都是影响增强改性效果的重要因素。

1 滑石的结构

片状结构是滑石的一个重要特征, 其晶体结构为两层硅原子和氧原子构成的四面体夹着一层由镁原子、氧原子和羟基构成的八面体, 厚度为10Å(图1)。层间连接力为范德华力, 比较微弱, 在外力的作用下容易剥离。滑石的层状结构脆弱, 莫氏硬度为1, 是自然界中最软的矿物。若采用适当的加工方法, 即使粉碎到微米级, 滑石也能保持完好的层状结构(图2)。

2 影响增强改性效果的四个因素及技术进展

滑石对塑料的增强改性作用源自其片状结构, 是综合性价比较高的非金属矿物改性材料。碳酸钙是球状结构, 几乎没有增强作用。滑石的径厚比虽然小于云母, 但其价格、加工成本、产量方面有明显的优势。滑石分子的层间连接力(范德华力)很微

【作者简介】齐颖(1969-), 女, 研究领域: 滑石开采与加工, E-mail: mona.qi@aihaitalc.com。

【通讯作者】贾岫庄(1962-), 男, 高级商务师, 研究领域: 滑石加工以及国际贸易, E-mail: jia@haichenco.com。

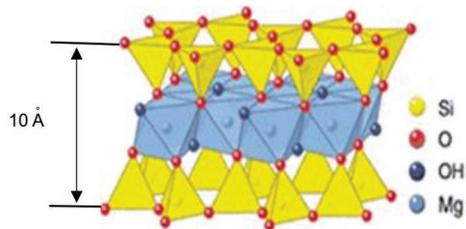


图1 滑石的晶体结构

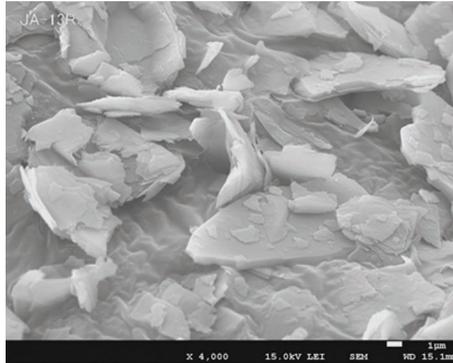


图2 微细粉碎后滑石的微观片状结构

弱,使其硬度低,加工过程中对设备的磨损较小,还可给予填充体系刚度和冲击强度间的最佳平衡。

自然界中没有纯滑石,均伴生相关的其他矿物。最常见的是绿泥石、菱镁石和白云石,也含有其他杂质矿物。多样性和复杂性是滑石产品的一个显著特点,“滑石”一词是用来描述很宽范围内一系列矿物的。它们在纯度、形态及性能都有不同之处。杂质矿物的种类及含量对产品性能影响也较大^[3-4],

表1 杂质矿物对滑石改性效果的影响

样品标记	矿物组分	LOI /%	As /ppm	Co /ppm	Cr /ppm	Fe /ppm	Mn /ppm	Ni /ppm	弯曲模量 /MPa	弯曲强度 /MPa	热稳定性 /hrs
中国样品0	滑石	5.1	0.1	1	<1	237	2	<1	3088	59.74	890
中国样品1	滑石+绿泥石	10.5	0.2	1	1	672	4	139	3097	59.35	650
中国样品2	滑石+石英+菱镁石	15.9	1.9	17	<1	809	41	<1	3005	58.05	546
中国样品3	滑石+菱镁石	7.2	0.3	3	<1	148	10	<1	3232	60.01	634
澳大利亚0	滑石	5.4	0.8	<1	5	280	5	<1	3198	60	626

2.2 白度

决定滑石白度的因素不但有原料本身,粒度、水分、杂质也有影响。如果含有深色杂质,如硫化铁、石墨等,产品越细白度反而越低。用于塑料工业的滑石白度通常用 CIE Lab(L*a*b*) 来表述。除测量干白度外还需测量湿白度。干白度即是通常意义的白度定义。湿白度是滑石粉体加入适量的 DMP(邻苯二甲酸二甲酯)或 DOP(邻苯二甲酸二辛酯)后的白度。自然界的滑石颜色繁多,浅色滑石粉碎后肉眼观察都呈白色,但和树脂混炼后会使其基体颜色或多或少地显示滑石本色。这个缺点限制了滑石的通用

不同产地的滑石需要采用不同的加工方法才能达到理想的效果,很难给出用于塑料增强改性滑石粉体通用加工方法和产品标准。选择适合的型号至少应考虑滑石粉体的“四度”,即:纯度、白度、细度和片度,否则可能是片面的,甚至得到错误结论,走不必要的弯路^[5]。

2.1 纯度

纯度是指产品的滑石含量。滑石纯度越高,其增强效果越好。滑石纯度的直接测量比较复杂,可通过 1 050℃ 烧失量来推定,一般用 SiO₂ 表述。烧失量越低, SiO₂ 值越高,纯度越高。纯滑石的 SiO₂ 含量为 63.47%,烧失量为 4.75%。烧失量 < 8.5% 的滑石粉体增强改性效果明显;烧失量 8.5% ~ 16% 的改性增强作用减弱;烧失量 > 16% 的基本没有作用。

自然界的滑石都含有杂质矿物,对改性效果会产生各种不利的影 响。这些杂质包括:菱镁石、白云石、绿泥石、石英、铁盐、重金属等。研究表明:不同产地的滑石杂质种类和含量各不相同,对增强改性的影响也不相同(表1),菱镁石、白云石对弯曲模量、热稳定性等有明显的不利影响,绿泥石也有不利影响但比菱镁石、白云石小;重金属和铁盐对塑料的抗老化性、热稳定性均有不利的影响;重金属的影响需要区别对待,存在于滑石结构中的重金属比存在于碳酸盐和其他杂质矿物结构中的重金属影响要小。因此在选择滑石型号时,不但要关注其纯度,也要了解产地来源和其中的杂质种类和含量^[6-8]。

性,特别是深色滑石在塑料中的使用。和干白度相比,湿白度能更直观地反映滑石使塑料基体颜色改变的程度。湿白度中的 b*(b) 值越低,塑料基体的颜色变化越小。

世界上大部分滑石并不是白色的。白滑石主要来自中国、阿富汗、印度,比较有限^[8-9]。随着塑料工业对白滑石需求的增长,近 20 年的价格持续上涨。白滑石供不应求是一个长期趋势^[10-12]。其实在许多应用领域中并不需要白滑石。如深色塑料的增强改性,使用白滑石和深色滑石的增强效果相同。试验表明:滑石的湿白度每提高 1%,最终产品的白

度提高只有 0.2% ~ 0.3%。片面追求滑石的白度没有意义。以前由于白滑石价格太低，很多用户并未过多考虑使用白滑石的成本增加。随着供货量减少和价格的提高，有必要转变使用习惯，提高资源的综合利用^[13-14]。

用于增强改性的滑石粉体还需要控制其中黑点的数量，特别是对外观有较高要求的浅色产品。这些黑点是天然的硫化铁矿，石墨等深色矿物或采矿外来的深色杂质研磨后形成的。少量黑点对白度基本没有影响，但在浅色塑料产品表面会形成肉眼可见的黑点瑕疵，影响外观。大量的黑点将对白度产生不利影响。杂质会随着粉体细度增加，被进一步破碎，导致粉体白度降低。

2.3 细度

微细化是滑石产品发展趋势。增强改性使用的滑石粉细度(D50)变化趋势如下：80年代以10~15 μm 为主；90年代以8~10 μm 为主；2000年以5~10 μm 为主；目前以3.5~7 μm 为主。一般地说，产品越细其增强效果越好(图3)，但成本提高，同时容易团聚，加工使用困难。需要根据自身的分散技术水平和产品预期性能来选择适当细度的产品，并不一定越细越好。

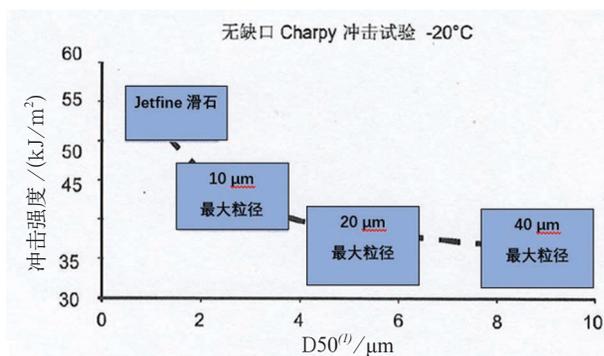


图3 D50、最大粒径对改性PP的冲击强度影响

对一个滑石产品粒度优劣的评价不能仅凭平均粒度D50一个指标。平均粒径不能表征产品的粒度分布，也不能表征最大粒度。评价至少需有平均粒度D50和最大粒度D98(或D100)两个指标。图4示意两个平均粒度相同但不同粒度分布的产品。产品1的粒度分布较窄、最大粒度较小，产品的粗颗粒较少；而产品2的粒度分布较宽，最大粒度较大，产品的粗颗粒多。在其他条件相同的情况下，产品1改性的性能好于产品2。粗颗粒的大小和多少对产品的机械性能产生显著不利影响，需要严格控制。

近年来随着电动车的应用，车用塑料零部件薄壁化和低密度化对改性塑料的刚性以及滑石的填充

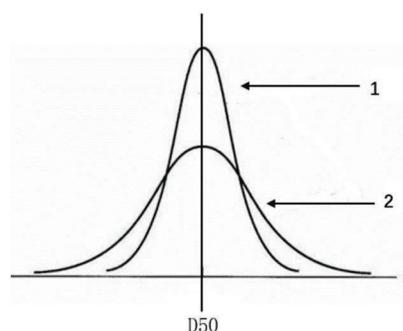


图4 相同D50而不同粒度分布示意图

量都有了更高的要求。3 000 ~ 5 000目超微细滑石粉越来越多地用于薄壁高刚度改性塑料制品中，特别是2mm厚度的汽车保险杠。这个领域的主流产品有Imerys的Jetfine，辽宁艾海的HTPultra5L等产品。超微细粉体依托高纯度的原料和旋流法研磨工艺，更好地保留了滑石片状结构，可使弯曲模量提高10%~15%，滑石填充量减少5%~6%。

微细目滑石粉的一个缺点是体密小。直接使用混料困难、产率低、粉尘污染。近年来采用排气压缩新技术提高体密。1 250 ~ 5 000目粉体压缩前的密度为0.25~0.15，压缩后可以达到0.70~0.45，且分散性基本不受影响。排气压缩还能显著减少滑石粉带入挤出机的空气量，减少物料在挤出机内的停留时间，有助于提高抗老化性能，产率可提高15%~25%^[15]。

2.4 片度

加工过程中滑石粉的片状结构保持越完整，其改性增强效果越明显。在对产品微细化的加工过程中，采用不同的方法，产品的片状结构保持情况也不一样。不适当的方法和操作会破坏其片状结构。微细目滑石主要采用气流磨加工。使用的气(汽)源有压缩空气和高压蒸汽两种；磨腔有对冲法和旋流法两种。高压蒸汽使得粒度分布较窄，能耗下降明显。旋流法使得片状结构得到更好的保护^[16]。

滑石行业使用层状指数 $L(L=D50(\text{激光法})/D50(\text{沉降法}))$ ，或分层化指标 $I.L(I.L=[D50(\text{激光法})-D50(\text{沉降法})]/D50(\text{沉降法}))$ 来评价片度的大小。加工过程中提高增强改性效果有两个途径：一是进一步微细化，二是提高径厚比。气流磨在滑石微细研磨和提高厚径比方面几乎已经发挥到了极致。如果进一步减小粒度，能耗大幅增加， $D50 < 3\mu\text{m}$ 后，能耗成几何级数增加，产品性价比急剧下降、团聚现象严重、片状结构被破坏。而采用砂磨工艺(或层化工艺)不但能进一步提高细度，还能较好地保持滑石的片状结构和径厚比，增强改性的各项性

能。表2是Imerys的高径厚比滑石 HAR[®] 的增强改性效果和普通超细滑石粉的比较。可以看出,各项性能均得到显著提高,弯曲模量提高18%、线膨胀系数下降10%、收缩率下降8%。使用 HAR[®] 增强的复合材料,其刚度和韧性特性接近使用短玻璃

纤维(SGF)材料^[17]。滑石的砂磨工艺借鉴碳酸钙的砂磨工艺改进而来,是近年来滑石行业的新技术。目前用于增强改性的高端滑石粉体主要是砂磨工艺生产的高径厚比产品。如何保持滑石径厚比的同时,提高产量、降低能耗将是今后技术攻关的方向之一。

表2 超细滑石粉和 HAR[®] 滑石粉在 PP 改性的力学性能对比

分类	弯曲模量 /MPa	线膨胀系数 /10 ⁻⁶ · K ⁻¹	收缩率 /%	热变形温度 /℃	Izod 冲击强度 /23℃ ,kJ/m ²	无缺口冲击强度 /-20℃ ,kJ/m ²
超细滑石粉	2 700	89	1.03	69	5.9	37
HAR [®] 滑石粉	3 190	80	0.95	73	6.2	24

3 结论

滑石的纯度、白度、细度和片度“四度”是决定增强改性效果的重要因素。选择产品型号时需要通盘考虑这四方面因素以及性价比。滑石纯度越高,其增强效果越好,不同杂质对效果的影响各不相同。虽然白度对增强改性不起作用,但会使制品颜色变暗,湿白度中的 b*(b) 值越低,塑料基体的颜色变化越小。加工过程中提高增强改性效果有提高细度和径厚比两个途径。砂磨工艺不但能进一步提高细度,还能更好地保持滑石的片状结构和径厚比,是今后高性能滑石粉体的加工发展方向。

【参考文献】

- [1]MALACARI P E. Talc, A functional Filler: Reinforcing Effect of Micronized Talc in Plastics[C]. Advances In Plastic Technology-APT'07, 2007.
- [2]项素云,田春香,孙彩霞.滑石粉的表面改性及其对填充 PP 性能的影响[J].中国非金属矿工业导刊,2006(1):36-39.
- [3]WILSON I. Talc sorted for plastics[J]. Industrial Minerals, 2009(9): 30-41.

(上接第4页)

【参考文献】

- [1]蒙华,曾蕴瑶.促进非矿行业高质量发展[N].中国建材报,2021-04-13(001).
- [2]陆江源.人均GDP处于一万至两万美元的国家都采取了哪些战略[J].江苏商论,2021(7):127-130.
- [3]郭春丽,林勇明.人均GDP超过1万美元后的世界城市发展问题[J].中国经贸导刊,2011(12):22-23.
- [4]王安建,王高尚,陈其慎,等.矿产资源需求理论与模型预测[J].地球学报,2010,31(2):137-147.
- [5]中华人民共和国自然资源部.中国国土资源统计年鉴[M].北京:地质出版社,2018.
- [6]张士秀.抓住战略性新兴产业发展机遇加快发展无机非金属新材料[J].建材发展导向,2011,9(1):28-30.

(上接第12页)

【参考文献】

- [1]国土资源部.矿产资源储量规模划分标准[R].国土资发〔2000〕133号,2000-4-24.
- [2]刘亮,陈娜,许涛,等.川西北地区天井山组灰岩综合利用模式[J].矿产勘查,2019,10(12):3074-3075.
- [3]刘亮,戴元,王超,等.龙门山地区天井山组灰岩特征及综合利用[J].矿产与地质,2019,33(4):676-682.
- [4]刘亮,余长荣,赵相国,等.江油二郎庙地区天井山组石灰岩特征及用途[J].中国非金属矿工业导刊,2020(2):24-27.
- [5]刘亮,韩洪明,杨鹏涛,等.四川龙门山地区阳新组灰岩地质特征及用途[J].地质与资源,2019,28(5):448-453.
- [6]甘肃省地质矿产局.甘肃省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- [7]张新虎.甘肃省区域构造及区域成矿找矿研究[M].兰州:兰州大学,2007.
- [8]刘志学,刘发荣.我国水泥用石灰质原料含矿建造分布规律及资源潜力

- [4]The Economics of Talc & Pyrophyllite [M]. Roskill Information Service Ltd, London, Eighth Edition, 1996: 16-22.
- [5]卢继成,齐颖,贾岫庄.滑石的特性以及在塑料中的选用[C].滑石粉在塑料中应用技术专题研讨会,2005(6):20-27.
- [6]CORDERA M. Talc Products for Plastic Applications[R]. Intertech's 5th International Conference, 1998.
- [7]MULLER D. Stabilization of Talc Reinforced Polypropylene[R]. Intertech Conferences, 1996.
- [8]Talc Markets, A World of Regional Diversity[J]. Industrial Minerals, 1997: 39-53.
- [9]WILSON I. Whiter than white? Global Talc Development[J]. 2018: 40-46.
- [10]JIA X Z. White Talc from China[J]. Industrial Minerals, 2001: 46-49.
- [11]赵彤彤,贾岫庄.2012年中国滑石行业回顾和展望[J].中国非金属矿工业导刊,2013(2):4-6.
- [12]贾岫庄.我国滑石出口现状和展望[J].中国非金属矿工业导刊,2017(1):9-11.
- [13]JIA X Z. White Hot Pingdu Talc, Industrial Minerals[J]. 2003: 72-73.
- [14]齐颖,陈从喜,刘雨薇,等.2020年我国滑石出口回顾和展望[J].中国非金属矿工业导刊,2021(2):65-68.
- [15]RICHARDSON C. Compounding Compacted Talc: Some Recent Development[J]. Plastic Additives & Compounding, 2001: 18-20.
- [16]THALER H. Grinding Techniques and The World Trends in Talc[C]. The 2nd China Liaoning Talc Industry Exposition, 2010: 85-99.
- [17]CROUCHT. 用于高性能、轻量化聚烯烃改性塑料的滑石粉最新进展[R].2015.

【收稿日期】2021-07-20

- [7]陈正国,颜玲亚,高树学.战略性非金属矿产资源形势分析[J].中国非金属矿工业导刊,2021(2):1-8,23.
- [8]韩会朝,徐康宁.智能化改造对我国企业生产率的影响研究[J].南京社会科学,2020(4):32-37,54.
- [9]吕鹏飞,何敏,陈晓晶,等.智慧矿山发展与展望[J].工矿自动化,2018,44(9):84-88.
- [10]崔亚仲,白明亮,李波.智能矿山大数据关键技术与发展研究[J].煤炭科学技术,2019,47(3):66-74.
- [11]聂百胜,彭斌,范鹏宏,等.矿山无线安全监测预警系统设计及关键技术[J].煤炭科学技术,2016,44(7):53-58.
- [12]马玉荣,王燕青.新发展格局下的产业链供应链安全——首届经济安全论坛综述[J].新经济导刊,2021(1):65-68.
- [13]盛朝迅.新发展格局下推动产业链供应链安全稳定发展的思路与策略[J].改革,2021(2):1-13.

【收稿日期】2021-08-04

- 分析[J].中国非金属矿工业导刊,2009(S1):3-6.
- [9]《中国矿床》编委会.中国矿床(下册)[M].北京:地质出版社,1994.
- [10]赵澄林,朱筱敏,等.沉积岩石学[M].武汉:石油工业出版社,2001.
- [11]杨雨,范国琳,姚国金,等.甘肃省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [12]田熙,周开灿,文化川.非金属矿产地质学[M].武汉:中国工业出版社,1989.
- [13]甘肃省地质矿产局酒泉地质矿产调查队.甘肃省区域矿产总结[R].(非正式刊),19880415[02886].
- [14]中华人民共和国国土资源部.冶金、化工石灰岩及白云岩、水泥原料矿产地质勘查规范: DZ/T 0213-2020[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [15]王春阳.矿产区域地质背景和成矿条件探析[J].科学技术创新,2019(11):40-41.
- [16]韦永福,孙培基.中国金矿区域成矿地质背景[J].黄金地质,1995(3):2-8.

【收稿日期】2021-08-29