

Fe-6.5%Si 高硅钢片的制备工艺研究进展

刘国炎, 韩慧颖, 贾东方, 李慧, 申亚芳

(华北理工大学冶金与能源学院 现代冶金技术教育部重点实验室, 河北 唐山 063210)

摘要: 介绍了 Fe-6.5%Si 高硅钢片的几种制备方法: 特殊轧制法、熔盐法、沉积扩散法和相变法等。指出了各制备方法的优缺点, 并对未来制备工艺的研究方向进行了展望。

关键词: Fe-6.5%Si 高硅钢; 制备工艺; 轧制法; 沉积法; 相变法

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2022.03.014

中图分类号: TD989; TF645 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2022) 03-0075-05

碳含量很低 (约小于 0.02%) 且硅含量在 0.5%~6.5% 的软磁功能材料称为 Fe-Si 合金, 其占比软磁合金使用量的 90%~95%^[1]。Fe-Si 合金由于具有微波吸收性、磁学性能和耐腐蚀性能等特殊材料性能^[2], 而广泛应用于发电机和变压器等各种电机和电器, 已成为电力工业、电讯工业和电子工业中不可缺少的软磁材料, 具有广阔的应用前景^[3-8]。

对于 Fe-Si 合金, 低铁损及强磁场下高磁感应强度是硅钢非常重要的技术指标。而增加 Si 含量可提高最大磁导率、电阻率, 降低磁致伸缩和铁损, 有利于增强 Fe-Si 合金的微波吸收性和磁学性能, 但 Si 含量增加的同时, 合金的脆性也随之增大, 机械加工性能变差^[9], 这使得 Fe-6.5%Si 高硅钢的制备具有一定难度。Fe-6.5%Si 高硅钢的制备难点在于不具备可轧性, 常规轧制工艺无法将板坯直接轧制加工成能够实际应用的薄带或板材。

本文对 Fe-6.5%Si 高硅钢制备工艺的研究现状加以介绍和分析。对当前 Fe-6.5%Si 高硅钢的新型制备方法进行着重介绍和分析, 并列举了一些常见的制备方法。

1 特殊轧制法

1.1 机械合金化法

机械合金化法是一种固态反应非晶化的合金制备方法。该工艺将 Fe、Si 两种金属粉末 (晶

态) 在行星式球磨机中进行研磨, 随着球磨时间的延长, 粉末逐渐发生冷变形和冷焊接并形成了具有 Fe-Si 纳米晶合金特征的层状微结构, 研磨后期的层状微结构逐渐精细化, 层厚不断减薄, 直至最后完全成为高纯净度的 Fe-Si 纳米晶合金。所制备的合金具有形状较好、宽度和厚度较宽的优点。

郑锋等^[10]采用机械合金化法, 在以 Ar 为保护气的条件下, 将 Fe-6.5%Si 合金粉末与 Si-22%Fe 合金粉末按 10:1 的比例在球磨机中混合后球磨 12 h, 可制得颗粒细化、温度稳定性良好的 Fe-13.95%Si 固溶体合金。

李凡等^[11]采用机械合金化法, 将纯度为 99.5%、颗粒尺寸为 50 μm 的 Fe 元素粉末和纯度为 99.9%、颗粒尺寸为 30 μm 的 Si 元素粉末在转速为 240 r/min QM-IF 型行星式球磨机中混合, 在磨球和粉末的质量比为 80:1 的条件下球磨 20 h 后开始发生合金化, 持续至 80 h 时完全形成 Fe-Si 纳米晶合金, 与固溶体合金相比, 纳米晶合金合金化程度更高, 具有更好的软磁性能。

1.2 粉末轧制法

粉末轧制法是以金属或非金属粉末的混合物为原料, 经过成形、烧结以及后续处理加工制取合金材料、复合材料的一种合成 Fe-6.5%Si 合金的重要方法^[12]。粉末轧制法具有制备工艺简单、成

收稿日期: 2020-06-02

基金项目: 国家自然科学基金 (51674120, 51874141)

作者简介: 刘国炎 (2000-), 男, 学生, 研究方向为冶金工程。

通信作者: 李慧 (1981-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为冶金工程。

本低、耗能少等优点^[13]。

员文杰等^[14]采用粉末轧制法,将雾化铁粉($\phi=75\text{ }\mu\text{m}$,纯度为 99.95%)和硅粉($\phi=30\text{ }\mu\text{m}$,纯度为 99.94%) 在球磨机中以 6.5%Si 的配比混合,利用两辊轧机将混合后的原料轧制并切割成 $50\text{ mm}\times 65\text{ mm}$ 的片材,以 $\text{Ar}+5\%\text{H}_2$ 为保护气在 1000°C 下烧结 3 h,反复轧制至 0.3 mm 后在表面均匀涂抹 MgO ,最后在 1200°C 的条件下二次烧结可制得 Fe-6.5%Si 高硅钢片,且所制得的硅钢片在高频下铁损耗较低。

机械合金化法主要受球磨时间、球料比、分散剂、添加元素和后续热处理等^[15]的影响,此方法避开了 Si 含量升高使 Fe-Si 合金脆性变大的问题,且具有工艺条件和设备简单等优点^[16]。但关于 Fe-Si 合金的后续成形、组织性能和烧结工艺缺乏系统性研究。而粉末轧制法同样向 Fe-Si 合金中添加微量元素,并增加 SPS 烧结工艺后^[13],Fe 的烧结发生明显改善,合金的延展性也得到增强,并在不同原料粒度、热处理温度和压力等烧结工艺下研究 Fe-6.5%Si 高硅钢性能的变化,运用此方法得到的 Fe-6.5%Si 高硅钢片具有良好的磁性能和塑性形变能力^[14]。

2 沉积扩散法

沉积扩散工艺是以取向和无取向硅钢片为材料,以较高浓度表面向较低浓度的基体内部扩散为动力,经过高温化学反应使 Si 富集在硅钢片上的一种方法。其中开发比较成熟的是化学气相沉积法(CVD 法),王爱华等^[17]采用化学气相沉积法,以 SiCl_4 和 N_2 混合气体为保护气,将硅钢片试样在石英管炉中加热,通过置换反应在硅钢片上形成 Si 的富集层,待试样冷却后可制得 Fe-6.5%Si 的高硅钢。相比于传统轧制方法,CVD 法制造的 Fe-6.5% 高硅钢不仅电磁性能优异,而且还有较铁系非晶带更好的机械加工性能,质地较软易于加工^[2]。但仍存在一定的缺陷,如能耗大、操作复杂、采用强腐蚀性的 SiCl_4 气体存在严重的环境污染隐患。

等离子体化学气相沉积法(PCVD 法)是一种用等离子体去激活反应气体,在反应物基体表面或近表面空间进行化学反应,生成固态膜的技术。周磊等^[18]采用 PCVD 法,将 $10\%\text{SiH}_4+90\%\text{Ar}$ 作为渗源气沉积在 $30\text{ mm}\times 80\text{ mm}\times 0.2\text{ mm}$ 的纯铁片(纯度高于 99%)的表面上,从纯铁表面到其内

部,硅含量逐渐降低,形成了具有较薄的过渡梯度层,然后将形成 Si 过渡梯度层的纯铁片在 500°C 的条件下沉积 20 min,过渡层中的硅元素会慢慢渗透到基体之中,以工业纯氢气为保护气,在 1050°C 下可得到 Fe-6.5%Si 高硅钢薄片。所得高硅钢薄片具有好的延展性、高电阻率、高磁导率等优点。

PCVD 法^[19]在改正 CVD 法缺陷的基础上,显著降低 Si 沉积温度,提高了产品表面质量,具有制备工艺重复性好,避免基板和膜层之间的氧化,膜层的厚度可控性好,且对环境无污染的优点。但 PCVD 法仍存在缺陷,如: SiCl_4 分解时会伴随着其他化学反应,造成反应复杂,难以控制,其反应机理也难以理解^[20]。

与 CVD 和 PCVD 法原理类似,刘力峰等^[21]利用低能离子束法研究了当样品衬底在室温下时制得的 Fe-Si 合金,所制得的非晶 Fe-Si 合金薄膜具有铁磁性。杨林等^[22]采用喷射成形法将雾化后的 Fe-Si 合金溶液喷射到高硅钢板坯上,喷射后的高硅钢板坯进行多次热轧后可制得厚度为 0.5 mm 的 Fe-Si 合金片。合金片具有组织致密、电磁性较好、低铁损等优点。开创了 Fe-Si 合金制备的另一种可行的方法。

3 熔盐法

熔盐法是熔盐中金属的电沉积和固态扩散合金化作用的综合结果,是制取 Fe-Si 合金的方法之一。熔盐体系的选择是熔盐法的主要决定因素,而熔盐体系应具备低熔点、低蒸气压、高电导率、容易净化和经济实用等条件,凭借熔盐体系成分和性质的不同,所制得的沉积产物具有较大差异,目前熔盐法主要采用氯化物和氟化物体系。

杨海丽等^[23]采用熔盐电沉积法,在 $\text{NaCl-KCl-NaF-SiO}_2$ 摩尔比为 $1:1:3:0.3$ 的熔盐体系中,以厚度为 0.1 mm 硅含量为 3.53% 的低硅钢为基体,通过脉冲电沉积,平均电流密度 120 mA/m^2 ,周期 $1000\text{ }\mu\text{s}$,占空比 20%。在沉积温度 800°C 下沉积 60 min,试样经电场作用获得能量, Si 离子进入试样表层并与 Fe 原子结合,发生如下反应: $\text{Si}+3\text{Fe}\rightarrow\text{Fe}_3\text{Si}$,以电化学还原法沉积硅,然后在 1050°C 下高温退火 40 min,制得硅成分均匀且含量约 6.5% 的高硅钢。梁精龙等^[24]采用熔盐电化学法在 FCINaK-SiO_2 熔盐体系下获得了完整、均匀、致密的沉积硅层。在 3%Si 硅钢片基础上制得

了高硅钢片,并在 1050℃ 下对硅钢片进行了扩散退火试验,得到了 6.5 %Si 高硅钢片。

黄薇等^[25]采用熔盐非电解沉积法以 NaCl:KCl:NaF=2:2:1 的中性熔融盐作为载体,Na₂SiF₆:Si=5:5 做为渗硅剂中,选取 0Cr18Ni9 不锈钢作为基体,熔盐加热至 800℃ 熔融后将基体试样浸入其中,经过盐浴热运动和硅离子的不断扩散,能够在金属基材表面生成金属 Fe₃Si 硅化物渗层。

熔盐法分为熔盐电解法和熔盐非电解法,相比于沉积扩散法具有步骤简单、操作方便、低污染、成本低等优点。熔盐法制备的 Fe-6.5%Si 沉积硅层具有优异的抗腐蚀能力和优越的耐磨损性能,改善了钢材因腐蚀导致失效的抑制现象,拓展了钢材的应用领域。

4 相变法

相变法^[26]是以应变能法为理论基础,在相变区附近,使沿铁晶体不同晶向的弹性各向异性最大,<100>方向的平均杨氏模量达到最小。相变时,在应变能各向异性的驱动下,形成{100}织构;控制相变速率,使相变由表及里的缓慢进行,则最终得到{100}织构柱状晶组织新型无取向电工钢。

Sung 等^[27]采用相变法,以厚度为 300 μm 的 Fe-Si 合金板材(含 Mn、P、Al、C、S)为样品原材料,在真空气氛下的管式炉中进行样品热处理。当温度达到退火温度时,样品被放置在炉中。在退火温度下保持设计时间后,以 400℃/h 的冷却速率将样品冷却到 800℃。热处理结束后,从炉子中取出样品,在室温下冷却。发现制得的 Fe-1.5%Si 合金经过 γ 到 α 相变后,形成强烈的<100>织构。

杨平等^[28]采用相变法,以 Fe-3%Si-1.7%Mn-0.056%C 高硅合金为原料,在真空感应下,将合金锻造、热轧到 4 mm,再进行冷轧,然后在压强为 3×10³ Pa,温度为 950~1100℃ 的真空条件下退火,保温 30 min 后将样品在湿氢气氛下脱碳,最后在 850℃ 下保温。通过 EBSD 技术测定试样制备出较强且均匀的有利<100>织构。

相变法^[26]为近年新兴起的一种方法,通过相变法可制备出具有 80% 以上<100>有利织构的电工钢,相比于传统制备方法,相变法工艺简单、制得的电工钢磁性能优异,特别是具有极高的磁感,可满足低铁损、高磁感强度新型电工钢的要求,且有效降低制备成本,实现节能环保,具有很大潜力。

5 结论及展望

Fe-Si 合金具有微波吸收性、磁学性能和耐腐蚀性等优良性能,可广泛用于电器和电子设备中。而 Fe-6.5%Si 高硅钢作为一种高效的电磁材料,必将得到高度的关注以及快速的发展,随着科学技术的发展,高硅钢制备的新方法不断涌现,尽管上述制备方法各有优点,但仍存在各自的缺点,如特殊轧制法在制备过程中工艺控制因素严格、复杂,较难掌握,且成本较高,难以实现工业化;气相沉积工艺操作复杂,易产生强腐蚀性的 SiCl₄ 气体,存在环境污染隐患;熔盐法渗硅耗能较高且沉积产物形态不稳定无法保证渗层质量,若要得到广泛应用还需不断完善;相变法研究历史较短、控制成熟度远不够,难以很快应用推广。虽然目前 Fe-6.5%Si 高硅钢片的制备技术已较为成熟,但为了能充分利用 Fe-6.5%Si 高硅钢片的优良性能,还需加强理论研究,建立更为完善的理论体系,强化现有 Fe-6.5%Si 高硅钢片制备方法与研究,降低生产成本,提高质量,更好的实现 Fe-6.5%Si 高硅钢片的应用价值。

参考文献:

- [1] Walser R K, Win W, Valanju P M. Shape-optimized ferromagnetic particles with maximum theoretical microwave susceptibility[J]. *IEEE Transactions on Magnetics*, 1998, 34(4):1390-1392.
- [2] 李慧,李运刚,梁精龙. 6.5%Si 硅钢片制备技术的进展[J]. *特殊钢*, 2008, 29(6):23-25.
- [3] LI H, LI Y G, LIANG J L. Progress in the preparation technology of 6.5%Si silicon steel sheet[J]. *Special Steel*, 2008, 29(6):23-25.
- [4] 刘辛,蔡一湘. Fe-Si 系软磁粉芯材料的制备及性能研究进展[C]// 全国粉末冶金学术会议. 2009.
- [5] LIU X, CAI Y X. Research progress on preparation and properties of Fe-Si soft magnetic powder core materials[C]// National Conference on Powder Metallurgy. 2009.
- [6] Takada Y, Abe M, Masuda S, et al. Commercial scale production of Fe5 wt. % Si sheet and its magnetic properties[J]. *Journal of Applied Physics*, 1988, 64(10):5367.
- [7] 杨劲松,谢建新,周成,等. 6.5%Si 高硅钢的制备工艺及发展前景[J]. *功能材料*, 2003, 3(34):244-246.
- [8] YANG J S, XIE J X, ZHOU C, et al. Preparation technology and development prospect of 6.5%Si high silicon steel[J]. *Functional Materials*, 2003, 3(34):244-246.
- [9] 钟太彬,林均品,陈国良. Fe3Si 基合金的制备及应用研究进展[J]. *功能材料*, 1999, 30(4):337-340.
- [10] ZHONG T B, LIN J P, CHEN G L. Research progress on

- preparation and application of Fe₃Si-based alloys[J]. *Functional Materials*, 1999, 30(4):337-340.
- [7] Yamauchi I, Suganuma A, Okamoto T, et al. Effect of copper addition on the β -phase formation rate in FeSi₂ thermoelectric materials[J]. *Journal of Materials Science*, 1997, 32(17):4603-4611.
- [8] Tokiai T, Uesugi T, Nosaka M, et al. Thermoelectric properties of Mn-doped iron disilicide ceramics fabricated from radio-frequency plasma-treated fine powders[J]. *Journal of Materials Science*, 1997, 32(11):3007-3011.
- [9] 李杨, 程继贵, 陈闻超, 等. 高性能 Fe-Si 软磁粉芯的制备及性能研究[J]. *粉末冶金技术*, 2014, 32(1):18-22.
- LI Y, CHENG J G, CHEN W C, et al. Preparation and properties of high performance Fe-Si soft magnetic powder core[J]. *Powder Metallurgy Technology*, 2014, 32(1):18-22.
- [10] 郑锋, 顾华志, 黄璞, 等. 机械合金化制备纳米晶 Fe-Si 合金的研究[J]. *粉末冶金技术*, 2006(6):434-436+440.
- ZHENG F, GU H Z, HUANG P, et al. Study on the preparation of nanocrystalline Fe-Si alloy by mechanical alloying[J]. *Powder Metallurgy Technology*, 2006(6):434-436+440.
- [11] 李凡, 吴炳尧, 戴挺, 等. 机械合金化法制备 Fe-Si 纳米晶合金[J]. *特种铸造及有色合金*, 2001(4):24-26+1.
- LI F, WU B Y, DAI T, et al. Preparation of Fe-Si nanocrystalline alloy by mechanical alloying[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloys*, 2001(4):24-26+1.
- [12] 龙琼. 磁场下复合电沉积法制备 Fe-Si 镀层的基础研究[D]. 上海: 上海大学, 2014.
- LONG Q. Basic research on the preparation of Fe-Si coatings by composite electrodeposition under magnetic field [D]. Shanghai: Shanghai University, 2014.
- [13] 张翔. 粉末冶金法制备高硅硅钢片的轧制和热处理工艺研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- ZHANG X. Research on rolling and heat treatment process of high silicon silicon steel sheet prepared by powder metallurgy method [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2010.
- [14] 员文杰, 沈强, 张联盟. 粉末轧制法制备 Fe-6.5%Si 硅钢片的研究[J]. *粉末冶金技术*, 2007(1):32-34.
- YUAN W J, SHEN Q, ZHANG L M. Research on Fe-6.5%Si silicon steel sheet prepared by powder rolling method[J]. *Powder Metallurgy Technology*, 2007(1):32-34.
- [15] 马瑞, 谢泉, 万明攀, 等. 机械合金化制备 Fe₃Si 金属间化合物的研究进展[J]. *热加工工艺*, 2016, 45(6):5-8+11.
- MA R, XIE Q, WAN M P, et al. Research progress on the preparation of Fe₃Si intermetallic compounds by mechanical alloying[J]. *Hot Working Technology*, 2016, 45(6):5-8+11.
- [16] 闫鑫博, 严红燕, 李慧, 等. 金属基陶瓷复合材料制备方法的研究进展 [J/OL]. *热加工工艺*, 2019(18): 9-11+17.
- YAN X B, YAN H Y, LI H, et al. Research progress on preparation methods of metal matrix ceramic composites[J/OL]. *Hot Processing Technology*, 2019(18): 9-11+17.
- [17] 王爱华, 刘畅. 化学气相沉积法制备 6.5%Si 高硅钢的研究[J]. *新技术新工艺*, 2011(12):80-82.
- WANG A H, LIU C. Research on the preparation of 6.5%Si high silicon steel by chemical vapor deposition[J]. *New Technology and New Technology*, 2011(12):80-82.
- [18] 马天国. PVD 法制备 Fe-6.5%(Si+Al) 软磁合金及其性能研究 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 2016.
- MA T G. Fe-6.5%(Si+Al) soft magnetic alloys prepared by PVD method and their properties [D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2016.
- [19] 周磊, 潘应君, 徐超, 等. PCVD 法制备 Fe-6.5%Si 高硅钢片的工艺研究[J]. *表面技术*, 2013, 42(3):88-90.
- ZHOU L, PAN Y J, XU C, et al. Study on the preparation of Fe-6.5%Si high silicon steel sheet by PCVD method[J]. *Surface Technology*, 2013, 42(3):88-90.
- [20] 杜洋, 李慧, 谢珊珊, 等. 沉积扩散法制备 6.5%Si 高硅钢的综述[J]. *热加工工艺*, 2017, 46(22):37-40.
- DU Y, LI H, XIE S S, et al. A review on the preparation of 6.5%Si high silicon steel by deposition-diffusion method[J]. *Hot Working Technology*, 2017, 46(22):37-40.
- [21] 刘力锋, 陈诺夫, 张富强, 等. 低能离子束方法制备磁性 Fe-Si 合金薄膜[J]. *功能材料*, 2004(4):429-431.
- LIU L F, CHEN N F, ZHANG F Q, et al. Preparation of magnetic Fe-Si alloy thin films by low energy ion beam[J]. *Functional Materials*, 2004(4):429-431.
- [22] 杨林, 田冲, 陈桂云, 等. 喷射轧制 Fe-4.5%Si 硅钢片的组织和性能[J]. *材料科学与工艺*, 2002, 10(1):55-58.
- YANG L, TIAN C, CHEN G Y, et al. Microstructure and properties of spray-rolled Fe-4.5%Si silicon steel sheet[J]. *Materials Science and Technology*, 2002, 10(1):55-58.
- [23] 杨海丽. 熔盐脉冲电沉积制备高硅钢的研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2011.
- YANG H L. Research on the preparation of high silicon steel by molten salt pulse electrodeposition[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2011.
- [24] 梁精龙. 熔盐法沉积 Si 及制备 Fe-6.5wt%Si 薄板研究 [D]. 唐山: 华北理工大学, 2005.
- LIANG J L. Study on deposition of Si by molten salt method and preparation of Fe-6.5wt%Si sheet[D]. Tangshan: North China University of Technology, 2005.
- [25] 黄薇. 钢材表面中性熔盐浸渗制备 Fe₃Si 合金层研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
- HUANG W. Research on Fe₃Si alloy layer prepared by neutral molten salt infiltration on steel surface [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2015.
- [26] 杨平, 谢利, 夏冬生, 等. 相变法制备 {100} 织构电工钢的研究 [C]// 第十三届中国电工钢学术年会. 2015.
- YANG P, XIE L, XIA D S, et al. Research on {100} textured electrical steel prepared by phase transformation method[C]// The 13th China Electrical Steel Annual Conference. 2015.
- [27] Sung J K, Park S M, Shim B Y, et al. Effect of Mn on

<100> Texture evolution in Fe-Si-Mn alloys[J]. [Materials Science Forum](#), 2011, 702-703:730-733.

[28] 杨平, 夏冬生, 王金华, 等. 相变法制备 Fe-0.43Si-0.5Mn 电工钢时工艺参数对组织结构和磁性能的影响 [C]// 第十一届中国钢铁年会论文集——S10. 电工钢. 2017.

YANG P, XIA D S, WANG J H, et al. Effects of process parameters on microstructure and magnetic properties of Fe-0.43Si-0.5Mn electrical steel prepared by phase transformation method [C]// Proceedings of the 11th China Iron and Steel Annual Conference - S10. Electrical Steel. 2017.

Research Progress on the Preparation Process of Fe-6.5%Si High Silicon Steel Sheet

Liu Guoyan, Han Huiying, Jia Dongfang, Li Hui, Shen Yafang

(Key Laboratory of Modern Metallurgical Technology, Ministry of Education, School of Metallurgy and Energy, North China University of Technology, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: Several preparation methods of Fe-6.5%Si high silicon steel sheet are introduced: special rolling method, molten salt method, deposition diffusion method and phase change method. The advantages and disadvantages of each preparation method are pointed out, and the future research direction of the preparation process is prospected.

Keywords: Fe-6.5%Si high silicon steel; Preparation Process; Rolling method; Deposition method; Phase change method

(上接第 36 页)

Research on Mechanical Properties and Hydration Characteristics of Pyrite Tailings Foam Concrete

Zhao Wanchen¹, Lu Junyan^{2,3}, Sun Mingming²

(1. Shanxi Conservancy Technical Institute, Yuncheng, Shanxi, China; 2. School of Engineering, Zhengzhou Institute of Business and Technology, Zhengzhou, Henan, China; 3. Institute of Seismic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning, China)

Abstract: In order to explore the influence of foaming agent, water-binder ratio, tailings specific surface area and fiber on pyrite tailings foamed concrete the compressive strength tests of concrete were carried out and the optimal types and proportions of the above ingredients were obtained for the subsequent exploration of the influence of the amount of pyrite tailings on the strength of foam concrete. The test results show that with the increase in the amount of pyrite tailings the compressive strength of the foam concrete gradually decrease, and when the amount is 20%-30% the compressive strength of foam concrete decreases most. In the DSC-TG tests it is found that the increase in the amount of pyrite tailings will lead to the reduction of hydration products, thereby reducing the compressive strength of the foamed concrete. Through IR tests found that an increase in the amount of doping will lead to a decrease in OH-, Si-O bonds and Al-O bonds. This represents the reduction of hydration products C-S-H gel and wollastonite. Thereby its compressive strength was reduced; the heat of hydration tests not only found that the increase in the amount of doping will decline its mechanical properties. It is also found that the strength provided by pyrite tailings to foamed concrete is mainly after the protection age of 50 h. Therefore, adding appropriate amount of pyrite tailings to foamed concrete can improve its compressive strength.

Keywords: Pyrite tailings; Foamed concrete; Hydration reaction; Compressive strength.