

**ПРИМЕНЕНИЕ РОТАЦИОННЫХ НАКЛОНЯЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ
ДЛЯ ПЛАВКИ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ДИСПЕРСНОЙ
МЕТАЛЛОШИХТЕ**
**THE USE OF ROTARY TILTING FURNACES FOR MELTING FERROUS METALS
ON A DISPERSED METAL CHARGE**

Ровин С.Л. д.т.н., доцент, зав. каф.,
Молев С.Г. ст. преподаватель,
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
Стасюлевич В.А., к.т.н., доцент, декан,
Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров
в области газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ», г. Минск, foundry@bntu.by
Rovin S.L. D-r of Technical Sciences, Ass. Prof., Head of the Department,
Molev S.G. Senior lecturer, Belarusian National Technical University, Minsk,
Stasyulevich V.A., Ph.D., Ass. Prof., Dean,
State Institute of Advanced Training and retraining of personnel in the field of gas supply
"GAZ-INSTITUTE", Minsk, foundry@bntu.by

Аннотация. В докладе представлен опыт и перспективы применения ротационных наклоняющихся печей (РНП) для плавки чугуна и стали с использованием дисперсных отходов черных металлов: стружки, мелкого скрапа, отходов дроби, включая шламы металлообработки и окалину. Рассматриваются особенности конструкции РНП, основные параметры плавки и организации производственных участков с их использованием.

Ключевые слова: черные сплавы, рециклинг, дисперсные металлоотходы, ротационные наклоняющиеся печи.

Abstract. The report presents the experience and prospects of using rotary tilting furnaces (RTF) for melting cast iron and steel using dispersed ferrous metal waste: chips, fine scrap, shot waste, including metalworking sludge and scale. The features of the RTF design, the main parameters of melting and the organization of production sites with their use are considered.

Key words: ferrous alloys, recycling, dispersed metal waste, rotary tilting furnaces.

Введение. Ротационные (вращающиеся) печи широко применяются для тепловой обработки дисперсных материалов в различных областях промышленности: металлургии, машиностроении, производстве стройматериалов, химической промышленности и т. д. Чаще всего они используются для нагрева, сушки и обжига материалов, где их эффективность в 3–5 раз выше печей других типов, например, камерных. Прогрев слоя материалов во вращающихся печах происходит, в первую очередь, за счет конвекции (постоянного перемешивания) самого материала, что на несколько порядков эффективнее передачи тепла за счет теплопроводности в неподвижном слое: как известно, теплопроводность слоя дискретного материала существенно ниже его собственной теплопроводности [1]. Эффективность теплопередачи конвекцией повышается с ростом скорости движения сред и увеличением времени теплообмена. Увеличение скорости движения потока теплоносителя в печах с линейным движением газов ограничивается скоростью витания обрабатываемых в печи дисперсных материалов. Превышение этой скорости приводит к значительному уносу тонкодисперсных фракций материала. В нагревательных и обжиговых печах это противоречие устраняется благодаря увеличению длины агрегатов до 150–200 м. Однако невозможно на такой длине обеспечить равные условия нагрева, расплавления и обработки жидкого металла. Поэтому для плавки применяются, так называемые, коротко-барабанные печи (КБП), длина которых не превышает 2–3 диаметров. КПД КБП находится в пределах 10–20 %, что объясняется

слишком малым временем пребывания теплоносителей в рабочем пространстве печей (0,1–0,5 с). Преимущества вращающихся печей, таким образом, нивелируются и их применение обычно ограничивается плавкой легкоплавких цветных сплавов.

Конструкция ротационных печей для плавки черных сплавов.

Преодолеть недостатки традиционных короткобарабанных печей позволяет новое поколение вращающихся плавильных печей – ротационные наклоняющиеся печи (РНП) с петлеобразным движением газов (рис. 1). Появившись в конце XX века, эти печи активно вытесняют КБП и завоевывают новые области промышленного применения. Сегодня в таких печах перерабатывается уже около 70 % дисперсных тонколистовых отходов и шлаков алюминиевых сплавов, производится более 80 % черного свинца из аккумуляторного лома, увеличивается доля производства вторичных медных и цинковых сплавов [2].

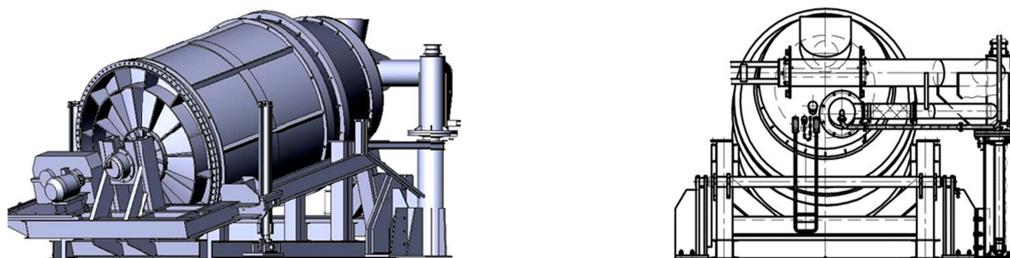


Рис. 1. Ротационная наклоняющаяся печь для плавки дисперсных металлоотходов: 3D-модель и чертеж главного вида

Винтовое петлеобразное движение газового потока в рабочем пространстве этих печей значительно увеличивает время контакта горячих газов с шихтовыми материалами и дает возможность практически снять ограничения по скорости газов в рабочем пространстве печи, что обеспечивает значительное повышение их термического КПД – вплоть до 50–55 % [3, 4]. Пожалуй, сегодня РНП единственный плавильный агрегат, способный при работе на дисперсной шихте обеспечить эффективность не ниже современных вагранок и электропечей, работающих на кусковой шихте. Указанные характеристики позволяют говорить о перспективности применения этих печей и для плавки дисперсных отходов черных металлов.

Исследованиями и разработкой высокотемпературных РНП нового поколения успешно занимаются и белорусские ученые Белорусский национальный технический университет и ГГТУ им. П.О. Сухого. Благодаря их усилиям Беларуси принадлежит приоритет применения РНП для рециклинга дисперсных железосодержащих отходов (стружки, металлической пыли, окалины, шламов металлообработки и др.) без их предварительной подготовки и брикетирования с получением марочных железоуглеродистых сплавов [5, 6]. Плавильные агрегаты, разработанные на кафедре «МиТЛП» Белорусский национальный технический университет, прошли успешную апробацию при переработке чугунной, стальной и смешанной стружки, омагниченного металлургического шлака, окалины, отходов дробы и металлической пыли.

Закключение. Внедрение РНП в литейных цехах машиностроительных предприятий не только увеличивает металлургические мощности и расширяет технологические возможности плавильного участка, но позволяет решить проблему накопления и переработки собственных дисперсных отходов черных металлов, большая часть из которых либо сдавалась на предприятия втормета, либо захоранивалась на полигонах промышленных отходов. Освоение предлагаемой технологии рециклинга металлоотходов с применением РНП открывает новую сырьевую базы для литейного производства, позволяет сократить импорт дорогостоящих шихтовых материалов и металлов, организовать безотходную систему металлооборота, улучшить экологическую обстановку, снизить себестоимость продукции и повысить конкурентоспособность отечественных машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисиенко, В.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология : справочное издание: в 2 кн. / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. – М.: Теплотехник, 2004. – 592 с.
2. Новичков, С.Б. Теория и практика переработки отходов алюминия в роторных наклонных печах: дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.02 / С.Б. Новичков. – Иркутск, 2008. – 348 с.
3. Шмитц, К. Технологии плавления материалов с большой удельной поверхностью / К. Шмитц // Цветные металлы. – 2006. – № 9. – С. 109–113.
4. Ровин, С.Л. Создание собственной сырьевой базы для литейного производства машиностроительных предприятий / С.Л. Ровин [и др.] // Литье и металлургия. – 2018. – № 2. – С. 29–36.
5. Ровин, С.Л. Рециклинг металлоотходов в ротационных печах / С.Л. Ровин. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2015. – 382 с.
6. Способ малотоннажного рециклинга дисперсных железосодержащих отходов без их предварительной подготовки путем твердо-жидкофазного восстановления в ротационной наклоняющейся печи с получением чугуна или стали: Евразийский патент № 033560 / С.Л. Ровин, А.С. Калиниченко, Л.Е. Ровин. – Оpubл. в бюлл. «Изобретения (евразийские заявки и патенты)» № 10/2019. – Выдан 31.10.2019.

UDC 621.793

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ **TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LIQUIDS MODIFIED WITH HYBRID CARBON NANOMATERIALS**

Овчинников Е.В., кафедра машиноведения и технической эксплуатации автомобилей,
ГрГУ им.Янки Купалы,

Возняковский А.П., Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург,
Россия,

Возняковский А.А., Научно-исследовательский институт синтетического каучука,
Санкт-Петербург, Россия,

Эйсымонт Е.И., кафедра машиноведения и технической эксплуатации автомобилей,
ГрГУ им.Янки Купалы,

Кузнецова Е.В., кафедра машиноведения и технической эксплуатации автомобилей,
ГрГУ им.Янки Купалы,

Y.Auchynnikaў, Department of mechanical engineering and technical operation of vehicles,
Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus,

A.Vozniakovskii, Laboratory “Physics for Cluster Structures”, Ioffe Institute,
Russian Federation,

A.Vozniakovskii, Sector of Polymer Nanostructured Materials, Institute of Synthetic Rubber,
Russian Federation,

Y.Eisymont, Department of mechanical engineering and technical operation of vehicles,
Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus,

E.Kuzniatsova, Department of mechanical engineering and technical operation of vehicles,
Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus,

Аннотация. В представленной статье рассмотрены вопросы повышения триботехнических характеристик смазочных жидких сред. Эти жидкости были модифициро-