

циркония до 1 % вызывают выделения компактных частиц фазы  $Al_3Zr$  (метастабильной), располагающихся в центре зерен. Увеличение содержания хрома свыше 1 % и 1 % Zr приводит к выделению первичных кристаллов избыточной интерметаллидной фазы  $Al_7Cr$ . Твердый раствор имеет направленно ячеистое строение с тонкими границами и расположенными в ячейках мелкими частицами  $Al_3Zr$ .

Образцы из быстроохлажденных лент, полученные экструзией характеризовались пределом прочности до 450 МПа при удлинении 4 %. Для оптимальных параметров горячей экструзией быстрозатвердевших лент получены значения предела прочности при растяжении до 520 МПа, что соответствует требованиям к сплавам системы алюминий-хром-цирконий для применения при повышенной температуре.

УДК 612.745

### **Подготовка и плавка стружки чёрных металлов в литейных цехах**

Студентка гр.10404118 Курач Д.И., гр. 10404115 Цыганков А.А.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Из всех видов промышленных отходов, поступающих на металлургические заводы для переплавки, максимальная доля приходится на стружку и мелкий скрап (около 40 %). Очевидно, что состояние этого вида сырья будет влиять на качество выплавляемых сплавов больше, чем другие типы отходов.

Стружка образуется в результате механической обработки заготовок условно можно разделить на следующие виды [1]: стружка скалывания (образуется при обработке твёрдых и недостаточно вязких металлов), ступенчатая (получается при обработке металлов средней твёрдости при небольшой глубине резания и при хорошо заточенном резце), сливная и вьюнообразная (получается при обработке вязких или весьма мягких металлов, как, например, медь, олово, свинец, мягкая сталь и т. п.) и стружка надлома (получается при резании твёрдых и хрупких металлов).

К основным проблемам переработки стружки относятся:

- ✓ большие затраты на транспортировку и хранение;
- ✓ неопределённость состава (особенно при централизованном сборе стружки из множества различных источников);
- ✓ дисперсность и неоднородность по структуре и размерам частиц;
- ✓ загрязнённость маслами, ржавчиной, высокая влажность.

Использование стружки в исходном состоянии в качестве шихты для традиционных плавильных агрегатов приводит к снижению темпов плавки, увеличению энергозатрат на расплавление, ухудшению качества металла, перерасходу флюсов и ферросплавов, увеличению выбросов загрязняющих веществ. Способы подготовки стружки к плавке [2]:

а) дробление вьюнообразной и сливной стружки (эта операция позволяет измельчить стружку до размеров 0,5–5 мм);

б) очистка от загрязнений, масел и влаги (центрифугирование, мойка с последующей сушкой, выжигание и другие способы);

с) холодное брикетирование (включает в себя грохочение стружки, подпрессовку и собственно брикетирование). Брикет, полученный холодным прессованием, имеет относительно невысокую плотность ( $\sim 4500\text{--}5000 \text{ кг/м}^3$ ) и прочность, в нём сохраняется до 2,5–3% масел и влаги, а также загрязнения и окислы, которые были в исходной стружке;

d) горячее брикетирование (осуществляется путем повторного прессования после нагрева стружки до 800–900 °С). Этот способ позволяет получить брикеты из стальной и чугуновой стружки плотностью до 6000 кг/м<sup>3</sup>, без масел и влаги. Однако стоимость таких брикетов зачастую превышает стоимость первичных шихтовых материалов – литейных и переделных чугунов.

Большое внимание уделяется процессу очистки стружки от примесей, так как органические загрязнения резко снижают металлургическую ценность брикетов. Применяют различные способы очистки: центрифугирование – отделение СОЖ и масел центробежными силами; промывка горячей водой или щелочными растворами с последующей сушкой; обжиг в нагревательных печах в основном барабанного типа.

Главным недостатком центрифугирования всех типов является сохранение после обработки до 1,5–2 % масел и влаги, а также забивание грязью и мелкой стружкой отверстий сепаратора для удаления масла, что заметно ухудшает обработку. В конструкциях современных установок могут быть предусмотрена промывка дренажной системы, а также подогрев, но это усложняет конструкцию и повышает энергопотребление.

Промывка – трудоемкий и дорогостоящий процесс, включающий 3–4 – кратную промывку горячей водой (95 °С) с ПАВ или щелочными растворами, а затем сушку во вращающейся или камерной печи.

Все названные выше способы очистки недостаточно эффективны из-за высокоразвитой поверхности стружки, имеющей к тому же микротрещины и другие дефекты, а также из-за высоких адгезионных способностей железа и его оксидов, прочно удерживающих растворы с поверхностно-активными веществами. Только обжиг позволяет удалить практически все примеси: органические, влагу, масло, ПАВ и т. п., однако при этом возникает опасность потери металла из-за окисления поверхности стружки, как в процессе нагрева, так и при последующем хранении[2].

Наиболее распространенный способ подготовки стружки сегодня – холодное брикетирование после предварительной очистки. Однако низкая плотность и прочность получаемых брикетов, сложность оборудования и периферийных устройств, большие энергозатраты и другие недостатки технологии заставляют специалистов продолжать поиски как в области техники и технологии формирования брикетов, так и альтернативных методов переработки стружки. Так, в последнее время появились линии вибропрессования, технологии создания комплексных брикетов с использованием связующих, науглероживателей, пластификаторов, контролируемого увлажнения, флюсов и др. Однако это неизбежно приводит к удорожанию брикетов и дополнительным затратам в процессе плавки на разогрев и удаление побочных продуктов.

Принципиально другой подход к переработке стружки предложили учёные и специалисты БНТУ совместно с ГГТУ им. П.О. Сухого – переработку стружки мелкого скрапа без предварительной очистки и подогрева в ротационных наклоняющихся печах (РНП). Это сравнительно новый тип вращающихся печей, снабженный устройством для наклона или качания в вертикальной плоскости вокруг оси крепления в передней части корпуса.

Такие печи, сохранив достоинства барабанных печей (высокая эффективность и скорость нагрева дисперсных частиц), имеют ряд дополнительных преимуществ: многократно увеличенное время контакта горячих газов с материалом, более полное использование рабочего пространства, высокую скорость нагрева и плавления материала за счет перемешивания, как в радиальном, так и в осевом направлении, возможность рафинирования, управления составом атмосферы в печи, и, соответственно, значительно более высокий КПД и темп плавки [3].

Подобные печи уже используют в Европе для выплавки чугуна как альтернативу вагранкам и индукционным печам, например печи компании «Sogemi» (Италия). Однако их применение для переработки дисперсных железосодержащих отходов является мало исследованным процессом. Для переработки стальной, в том числе окисленной, стружки в таких

печах необходимо применять обогащение дутья кислородом или топливо–кислородные горелки, обеспечивающие требуемый для расплавления низкоуглеродистой шихты и восстановленного железа перегрев в рабочем пространстве печи.

В начальный период в печах поддерживается режим безокислительного нагрева (до 900 °С) в течение времени, необходимого для выжигания загрязнений, затем температура повышается до 1200 °С для проведения восстановления оксидов (длительность определяется окисленностью стружки), после этого за счет подачи кислорода температура повышается до 1600–1750 °С для плавления, перегрева металла и рафинирования.

Преимуществом таких печей является отсутствие в выбросах сажи, паров масел и продуктов деструкции органических веществ, которые активно дожигаются непосредственно в рабочей зоне. Дополнительные преимущества по экономии энергоносителей могут быть обеспечены при использовании дуплекс-процесса, если полученный в РНП жидкий металл (с известным химическим составом) используется непосредственно в завалке основных производственных электропечей, в которых производится плавка чугуна и стали. При этом удельный расход на получение марочных сплавов может быть снижен с 600–800 кВт·ч/т до 100–150 кВт·ч/т [3].

#### **Список использованных источников**

1. Мельников, В.Е. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ по «Обработке материалов резанием» Дисциплина для специальности 050502.65 «Технология и предпринимательство», [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2548352/page:16>. – Дата доступа: 09.03.2019.

2. Международный научно-технический журнал «Металлургия машиностроения» [Электронный ресурс. – Режим доступа: // <http://masters.donntu.org/2013/fimm/babak/library/article2.htm>. – Дата доступа: 09.03.2019.

3. Опыт утилизации металлической стружки /Д.М. Кукуй [и др.] // Литье и металлургия. – 2009. – № 1. – С. 47–50.

УДК 621.742.486

#### **Использование неорганических связующих материалов для изготовления литейных стержней**

Студенты гр. 10404117: Мисюченко В.С., Пономаренко И.В., Перов Н.Н.  
Научный руководитель – Гуминский Ю.Ю.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При изготовлении отливок в разовых песчаных формах используются стержни, образующие внутренние полости в отливках. Литейные стержни со всех сторон окружены расплавленным металлом в момент заливки форм, а при охлаждении металла испытывают сжимающее усилие, поэтому стержням предъявляют повышенные требования.

Стержневая смесь – многокомпонентная система материалов, состоящая из огнеупорного наполнителя и связующих органического или неорганического происхождения. Так же в состав стержневых смесей вводят различные добавки для повышения различных технологических свойств. Выбор связующего материала зависит от различных критериев, таких как: вид металла, способ плавки, его доступность, стоимость и т.д.

К неорганическим связующим относятся: глина, жидкие стёкла, цемент, гипс. Однако при изготовлении стержневых смесей формовочная глина не обеспечивает требуемой прочности стержней.

Стержневые смеси с металлофосфатными связующими обладают высокой упрочняющей способностью, термостойкостью, нетоксичностью, высокой долговечностью. При «за-