



ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ ПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛООТХОДОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В НАПЛАВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ю. М. КУСКОВ, О. Г. КУЗЬМЕНКО, кандидаты техн. наук, **И. П. ЛЕНТЮГОВ**, инж.
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Представлены разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона технологии переработки металлоотходов различных производств с помощью электрошлакового процесса. На примерах электрошлаковых переплава и наплавки с использованием стружки инструментальных сталей, шламовых и зольных отходов, медной сечки и на основании полученных положительных результатов применения переплавленного металла в виде конечного продукта либо полуфабриката показана перспективность такого подхода для вовлечения вторичных ресурсов в производство.

Ключевые слова: электрошлаковые технологии, мелкофракционные отходы, сварка, переплав, наплавка, напыление

В общем объеме отходов промышленного производства значительную часть составляют отходы, содержащие различные металлы, сплавы и оксиды металлов: стружка высоколегированных сталей и сплавов, шламы, остающиеся после шлифования изделий из быстрорежущих сталей и специальных сплавов, зольные остатки ТЭЦ и др.

Благодаря переработке стружки инструментальных сталей, в частности высоколегированных штамповых и быстрорежущих, решается важная задача — обеспечивается возврат в производство значительного количества дефицитных и дорогих легирующих элементов — вольфрама, молибдена, кобальта и др. По данным работы [1], стружка, образующаяся при обработке деталей из инструментальных сталей, составляет 20...30 % массы исходной заготовки.

Наиболее сложной является проблема переработки шламовых отходов. К последним относятся шламы, образующиеся при механической обработке специальных сплавов на основе никеля, кобальта, ниобия и других элементов [2, 3]. Эти сплавы обрабатываются только путем шлифования, при этом в отходы попадает 10...20 % обрабатываемого металла. Примерно такие же потери существуют при абразивной зачистке полуфабрикатов и сортового проката из быстрорежущих сталей [3, 4].

Среди отходов производства имеются шламы, полностью состоящие из оксидов легирующих элементов. Примером таких отходов служит содержащая относительно большую (13...14 %) массовую долю оксида ванадия зола ТЭЦ, образующаяся после сжигания высокосернистого мазута [5]. Шламы практически невозможно использовать в исходном состоянии, из них достаточно трудно извлекать металлическую составляющую.

Для утилизации указанных отходов были предложены различные способы. Так, например, стружку легированных сталей и сплавов можно переп-

лавлять в электродуговых печах с получением паспортных шихтовых слитков, которые являются сырьем для качественной металлургии [6, 7]. Однако при использовании такой технологии имеет место значительный угар легирующих элементов [8], во многом зависящий от основности и степени раскисления шлака [9].

Для переработки шламов предлагали применять электротермические способы передела [2, 10, 11], электродуговой [12–14] и плазменный переплавы [15] и др. Известны случаи использования отходов быстрорежущей и других сталей и сплавов в обмазке сварочных электродов [16–19], а также в качестве добавок в порошки для плазменного напыления [20] и шихту порошковых проволок для наплавки [21]. Однако широкого промышленного применения эти способы переработки промышленных отходов не нашли.

Зольные остатки ТЭЦ также практически не перерабатываются. В литературе описана только одна технология, разработанная в ДонНИИЧермет, которая предусматривает прямое использование этих остатков для легирования стали ванадием в ковше или печи. Степень извлечения ванадия при этом составляет 70...90 % [22, 23].

В ИЭС им. Е. О. Патона на основе положительного опыта в области электрошлаковой наплавки (ЭШН) штампов, прокатных валков и других деталей некомпактными присадочными материалами [24, 25] разработаны и опробованы в опытно-промышленных условиях электрошлаковые технологии переработки упомянутых выше отходов, благодаря которым решаются не только технико-экономические, но и экологические проблемы. В основе предлагаемых электрошлаковых технологий утилизации металлосодержащих отходов промышленного производства лежат два типа конструкций неплавящихся электродов и формирующей оснастки (кристаллизаторов).

Первый тип неплавящихся электродов — составные электроды, которые имеют водоохлаждаемый металлический корпус и графитовую рабочую часть. Используемый при этом неподвижный медный водоохлаждаемый кристаллизатор прямоу-

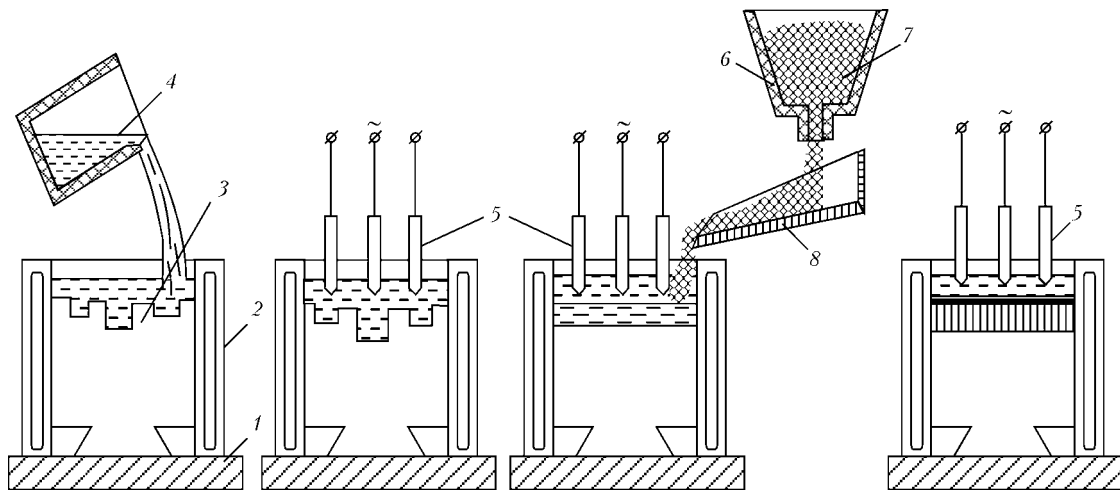


Рис. 1. ЭШН штампов с использованием стружки инструментальной стали: 1 — поддон; 2 — неподвижный кристаллизатор; 3 — изношенный штамп; 4 — ковш с жидким шлаком; 5 — неплавящиеся электроды; 6 — дозатор; 7 — стружка; 8 — желоб

гольной или цилиндрической формы позволяет производить наплавку на горизонтальную плоскость или получать плоские слитки.

Второй тип неплавящихся электродов — секционные конструкции, которые совмещают функции электрода и формирующего устройства, так называемого токоподводящего кристаллизатора (ТПК). С помощью ТПК можно получать слитки или производить наплавку деталей достаточно большой длины [24].

Использование неплавящихся электродов первого типа и неподвижного кристаллизатора предусмотрено в следующих разработанных технологиях: ЭШН кузнечно-штамповой оснастки, при которой в качестве присадки применяется стружка инструментальной стали; легирование наплавленного металла ванадием за счет подачи в шлаковую ванну при ЭШН зольных остатков ТЭЦ, содержащих оксид ванадия; переплав шламовых отходов, образующихся при шлифовании инструмента из быстрорежущих сталей, с получением лигатуры, применяемой в шихте порошковых проволок.

При ЭШН штампов с использованием в качестве присадки стружки инструментальной стали сначала с помощью неплавящихся электродов осуществляют нагрев наплавляемой поверхности твердой заготовки — поковки из углеродистой стали или изношенного штампа. После подплавления наплавляемой поверхности в шлаковую ванну подают стружку штамповой стали, которая при расплавлении образует наплавленный слой (рис. 1). После расплавления необходимого количества стружки мощность электрошлакового нагрева снижают для обеспечения направленной кристаллизации наплавленного металла под слоем расплавленного шлака. Частицы стружки одновременно являются макрохолодильниками, с помощью которых регулируется процесс кристаллизации наплавляемого металла. Направленное управляемое затвердевание металла при ЭШН, а также обработка его шлаком в процессе расплавления стружки обуславливают получение наплавленного металла со свойствами на уровне деформированного, а в некоторых случаях и выше.

Испытания штампов, наплавленных по указанной технологии, проведенные на промышленных

молотах с массой падающих частей 1, 3 и 5 т и прессах усилием 25, 63 и 120 МН, показали, что их стойкость в 1,5...3,0 раза выше кованных из стали той же марки.

Для реализации этой технологии разработано сравнительно простое и надежное оборудование (установка ОБ-2213 с электромагнитным дозатором ДПЭ-02), которое используется на АО «Ростсельмаш» (Россия) и ОАО «Токмакский КШЗ» (Украина) для восстановления и изготовления штампов различной массы. Указанная технология защищена патентами Украины, России и Белоруссии.

При ЭШН штампов стружкой стали 5ХНМ проводили дополнительное легирование наплавленного металла ванадием за счет его восстановления из зольных остатков ТЭЦ, подаваемых в шлак. Эксплуатация штампов, восстановленных ЭШН стружкой стали 5ХНМ, показала, что дополнительное легирование наплавленного металла ванадием (0,10...0,15 мас. %) повышает их стойкость на 30 %.

Это же оборудование используют для переплава шламовых отходов, образующихся при шлифовке инструмента из быстрорежущих сталей. Учитывая, что в настоящее время номенклатура применяемых марок быстрорежущих сталей относительно невелика и зачастую ограничивается сталью Р6М5, получение лигатуры примерно одного и того же химического состава не представляет больших сложностей. Присутствие в переплавляемых отходах неметаллических компонентов абразивных кругов не нарушает стабильности электрошлакового процесса и не вызывает необходимости частичной или полной замены шлака во время плавки.

Выплавленную лигатуру применяют в шихте порошковых проволок для наплавки и дуговой металлизации. Покрытия, полученные дуговой металлизацией с использованием порошковых проволок, шихта которых содержала в качестве одного из компонентов лигатуру, изготовленную по указанной технологии, отличались высокой износостойкостью и адгезионной прочностью при напылении изделий типа вала.

Схема переплава стружки с использованием неплавящихся электродов второго типа представ-

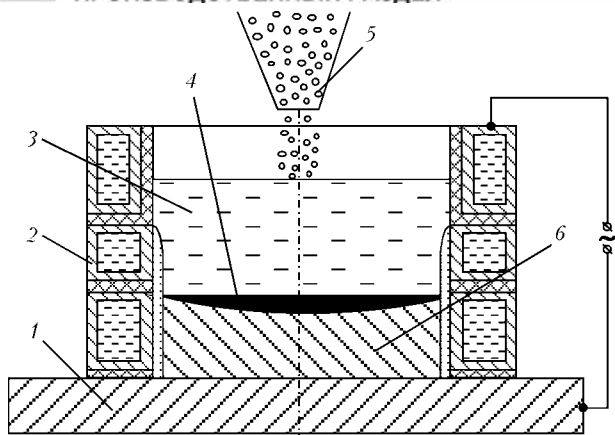


Рис. 2. Схема переплава отходов (стружки быстрорежущей стали) в ТПК (обозначения см. в тексте)

лена на рис. 2. ТПК 2 устанавливают на поддон 1. В кристаллизатор заливают расплавленный в отдельной емкости шлак («жидкий» старт). В некоторых случаях флюс можно расплавлять с помощью дополнительного электрода внутри самого ТПК («твердый» старт). После перекрытия шлаком всех изолированных друг от друга секций ТПК ток, проходящий через шлаковую ванну 3, обеспечивает выделение в ней достаточного количества теплоты, необходимой для поддержания электрошлакового процесса. Металлическая ванна 4 образуется при расплавлении стружки в шлаке. Ее подача в шлаковую ванну производится с помощью дозаторов 5 различного типа. Наиболее простым решением этой задачи является использование вибродозаторов, поскольку в большинстве случаев не требуется очень точного дозирования переплавляемой присадки. Порции жидкого металла постепенно кристаллизуются в виде слитка 6, как и при обычном электрошлаковом переплаве (ЭШП).

Для ЭШП стружки разработана и изготовлена установка ОБ-2379, оснащенная дозатором барабанного типа и набором ТПК диаметром 40... 120 мм. Установка позволяет получать слитки длиной до 0,7 м за счет их вытягивания из неподвижно установленного ТПК. Для наведения шлаковой ванны применяют «твердый» старт как наиболее простой способ расплавления флюса АН-75. Флюс указанной марки обеспечивает получение слитков с гладкой поверхностью практически без гарнисажа. На рис. 3 представлены поверхность слитка стали Р6М5 после пескоструйной обработки и макрошлиф продольного его сечения. При увеличении диаметра кристаллизатора упрощается процесс переплава, возрастает производительность процесса и снижается его энергоемкость. Так, при переплаве стружки стали Р6М5 в ТПК диаметром 210 мм достигнута производительность 200 кг/ч при удельном расходе электроэнергии 1000... 1200 кВт·ч/т.

В большинстве случаев для получения слитков, соответствующих по химическому составу быстрорежущей стали, стружку до переплава следует предварительно очищать от эмульсии горячим раствором кальцинированной соды или прокаливанием в печи при температуре примерно 300 °С.

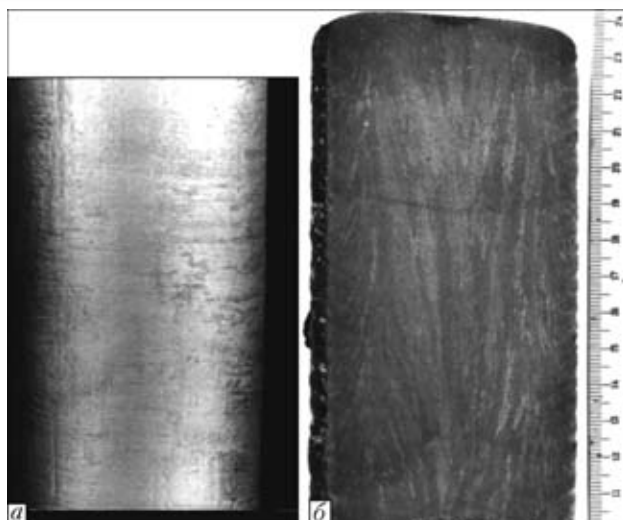


Рис. 3. Внешний вид (а) и макрошлиф (б) продольного сечения слитка стали Р6М5, полученного переплавом стружки быстрорежущей стали

Установлено, что инструмент из переплавленной стружки быстрорежущей стали по стойкости не уступает изготовленному из кованой быстрорежущей стали.

С помощью ТПК производился также переплав отходов в виде обрезков медных проводов различной длины, которые предварительно превращали в сечку длиной 5... 7 мм. Качество получаемых медных слитков зависит от равномерности подачи сечки и наличия на ней остатков изоляционных покрытий. Полученные слитки можно использовать для изготовления различных изделий из меди.

Выводы

1. Разработанные технологии позволяют использовать стружку штамповых и быстрорежущих сталей в качестве присадки при наплавке инструмента для горячего деформирования металлов. Такую стружку можно переплавлять в слитки, из которых изготавливают различный металлорежущий инструмент.

2. Зольные остатки от сжигания мазута на тепловых электростанциях, содержащие оксиды ванадия и других металлов, можно использовать в электрошлаковых процессах для легирования переплавляемого или наплавляемого металла. Легирование проводят за счет восстановления в шлаковой ванне металлов из их оксидов.

1. Брехов К. В. Свариваемость заготовок из стружки быстрорежущей стали // Свароч. пр-во. — 1980. — № 12. — С. 15–16.
2. Лавров Б. А., Удалов Ю. П., Козлов К. Б. Электротермическая переработка гальваношламов // Электрометаллургия. — 2002. — № 3. — С. 40–42.
3. Гаврилин И. В. Переплав пылевидных отходов высоколегированных сплавов // Литейн. пр-во. — 2000. — № 2. — С. 18.
4. Применение металлоабразивных отходов при выплавке быстрорежущей стали / Л. П. Тагер, М. М. Ключев, А. Ф. Филиппов и др. // Изв. вузов. Черн. металлургия. — 1973. — № 5. — С. 46–48.
5. Пьяных С. А. Технология производства ванадийсодержащих литейных сплавов с использованием зольных отходов ГРЭС // Сталь. — 1992. — № 6. — С. 36–37.
6. Интенсификация переплава легированной стружки на шихтовые слитки в дуговых печах газо-кислородным фа-

- келом / В. И. Месяц, В. Я. Конох, В. П. Асанин и др. // Сталь. — 1981. — № 11. — С. 16–18.
7. Швед Ф. И. Сокращение расхода легирующих металлов при производстве жаропрочных сплавов на никелевой основе // Там же. — 1989. — № 4. — С. 34–36.
 8. Угар легирующих элементов при выплавке быстрорежущей стали / Н. М. Чуйко, М. И. Гасик, Н. Т. Заозерный, Г. П. Пархоменко // Металлург. — 1970. — № 5. — С. 22–24.
 9. Переплавы стержней быстрорежущих сталей / В. Г. Иванов, А. Т. Перевязко, Н. М. Чуйко и др. // Там же. — 1975. — № 4. — С. 25–26.
 10. Тепловая обработка мелкодисперсных отходов быстрорежущих сталей / М. П. Ревун, С. М. Григорьев, Ю. Н. Каюков, А. С. Яценко // Изв. вузов. Черн. металлургия. — 1991. — № 10. — С. 86–88.
 11. Григорьев С. М. Углетермическое восстановление оксидных отходов производства быстрорежущей стали // Там же. — 1996. — № 6. — С. 24–27.
 12. Гизатулин Р. А., Дмитриенко В. И., Носов Ю. Н. Использование шлифовального шлама при выплавке коррозионноустойчивой стали // Там же. — 1997. — № 4. — С. 21–23.
 13. Электродуговой переплав пылевидных отходов легированных сталей / В. Г. Иванов, А. Т. Перевязко, Н. М. Чуйко и др. // Бюл. Ин-та ЦНИИТЭИ. — 1973. — Вып. 19(711). — С. 36–37.
 14. Колесников М. В., Колганов Г. С. Комплексная переработка вольфрамсодержащих отходов с интенсивным высокотемпературным дутьем // Сталь. — 1989. — № 12. — С. 17–20.
 15. Перспективы комплексной утилизации цинксодержащих шламов основных переделов черной металлургии в плазменных печах / В. А. Фролов, О. А. Алексаночкин, А. М. Рабинович и др. // Там же. — 1991. — № 7. — С. 80–84.
 16. Бабий В. М., Кондратенко З. Ф., Рыбалка В. И. Использование пылевидных отходов абразивной зачистки металлопроката в производстве электродов для сварки чугуна // Свароч. пр-во. — 1989. — № 10. — С. 32–33.
 17. Галимов М. Д. О возможности использования титановых шламов в электродных покрытиях // Там же. — 1997. — № 7. — С. 43.
 18. Лазобнов П. П., Смирнов В. Д., Школьников Е. В. Коррозионно-электрохимические свойства хромоникелевого металла, наплавленного электродами, содержащими шламы и мрамор // Там же. — 1992. — № 8. — С. 31–33.
 19. Пат. 19272 Україна, МПК В 23 К 35/365. Склад електродного покриття для наплавки / Г. В. Рюмін, В. А. Петренко, М. А. Калін та ін. — Опубл. 25.12.97.
 20. Плазменные покрытия из порошков, полученных из отходов обработки прокатных валков / Ю. А. Харламов, Н. А. Будагьянц, С. А. Юдицкий, А. В. Шевченко // Тез. докл. 20-й конф. сварщиков Урала, г. Нижний Тагил, 27 февр.–2 марта 2001 г. — Нижний Тагил: Нижнетагильский технолог. ин-т, 2001. — С. 143.
 21. Наплавка валков сортопрокатного стана порошковой проволокой с шихтой из металлоотходов слитков легированных сталей и сплавов / Г. А. Поздеев, И. Н. Шеенко, В. И. Титаренко, И. А. Крушник // Тез. докл. всесоюз. семинара «Восстановление и улучшение деталей металлургических агрегатов наплавкой, напылением и термообработкой», г. Москва, сент. 1990 г. — М.: ЦНИИТЭИ ЧМ, 1990. — С. 3.
 22. Разработка и внедрение технологии переработки ванадийсодержащих зольных остатков тепловых электростанций / Т. Ф. Жуковский, Н. П. Словинский-Сидак, Г. Г. Гаврилюк, Ю. А. Леконцев // Сталь. — 1991. — № 1. — С. 85–87.
 23. Легирование стали ванадием с использованием зольных отходов ГРЭС / А. Е. Соичев, Ю. Г. Ярославцев, В. А. Курганов и др. // Там же. — 1992. — № 7. — С. 37–40.
 24. Электрошлаковая наплавка / Ю. М. Кусков, В. Н. Скороходов, И. А. Рябцев, И. С. Сарычев. — М.: Наука и технологии, 2001. — 179 с.
 25. Ксендзык Г. В., Кусков Ю. М. Чугунная дробь — новый вид присадочного материала для электрошлаковой наплавки // Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавочные материалы. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1978. — С. 80–84.

Technologies developed by the E.O.Paton Electric Welding Institute for recycling of different-production metal scrap by the electroslag process are considered. This approach holds promise in terms of involving secondary resources into production, as shown by examples of remelting and surfacing using tool steel chips, slime and ash wastes and copper chop, and proved by positive results obtained from using the remelted metal in the form of finished or semi-finished products.

Поступила в редакцию 11.03.2004

Международный семинар-выставка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

24–25 ноября 2004 г.

г. Харьков
конференц-зал ПТМ «Укрэнергочермет»

Организаторы

Аттестационный центр по неразрушающему контролю
ОАО «Производственно-техническое предприятие «Укрэнергочермет»
Восточное региональное отделение Украинского общества неразрушающего контроля и технической диагностики

В программе семинара

Теория и технология физических методов контроля качества
Средства, системы, методики НК и ТД
Определение остаточного ресурса и эксплуатационных характеристик
Стандартизация методов и средств НК
Метрологическое обеспечение средств НК
Сертификация специалистов и аккредитация лабораторий НК и ТД

Справки по телефонам: (057) 763-03-26, 763-03-27;
мобильный 8-050-400-86-42; факс: (0572) 32-44-40;
e-mail: admin@ndt-vostok.com.ua