



УДК 621.791.92

МЕТАЛЛОАБРАЗИВНЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ, МЕТОДЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

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

Рассмотрены способы подготовки металлосодержащих шлифовальных отходов к переделу и технологии переработки металлоабразивных отходов. Представлен зарубежный и отечественный опыт применения и переработки таких отходов.

Ключевые слова: металлоабразивные шлифовальные отходы, переработка отходов, электрошлаковый переплав, наплавочные материалы, порошковые проволоки

В современных наплавочных материалах различного назначения широко используются такие дорогостоящие легирующие элементы, как вольфрам, ванадий, хром, молибден и др. [1]. При этом их цена, а соответственно и цена наплавочных материалов, непрерывно возрастает. Одним из путей снижения стоимости последних является использование при изготовлении отходов различных отраслей производства, в частности, металлоабразивных шлифовальных отходов (шламов). Данные, приведенные в работе [2], свидетельствуют о том, что на промышленных предприятиях Украины, особенно на металлургических, в течение одного года скопилось значительное количество таких отходов (табл. 1).

Металлосодержащие шлифовальные отходы состоят из смеси мелкодисперсной металлической микростружки с абразивным порошком (продуктами разрушения шлифовальных кругов)

и остатками смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) [2, 3].

Были предприняты попытки непосредственного использования металлоабразивных отходов в сварочных и наплавочных материалах [4–6]. В работе [4] описан опыт применения пылевидных отходов абразивной зачистки металлопроката из низко- и среднеуглеродистых сталей в производстве электродов для сварки чугуна, которые изготовляли по традиционной технологии — отходы добавляли в обмазку электродов. Состав металла, наплавленного такими электродами, соответствовал низкоуглеродистой нелегированной стали ($C \leq 0,07\%$), что значительно ограничивало его применение в промышленности.

Проводили эксперименты по использованию отходов обработки слитков легированных сталей и сплавов в шихте порошковых проволок [5]. Из отходов было изготовлено несколько опытных порошковых проволок. С использованием одной из них, а именно, обеспечивающей получение наплавленного металла, близкого по составу к инс-

Т а б л и ц а 1. Металлоабразивные отходы ряда металлургических предприятий Украины [2]*

Предприятие	Группа обрабатываемой стали	Способ сбора отходов	Масса металлоабразивных отходов в год, т
«Днепропецсталь», г. Запорожье	Инструментальная, быстрорежущая, коррозионнотойкая, подшипниковая	Бункер-накопитель	>3000
«Запорожсталь», г. Запорожье	Углеродистая, конструкционная, легированная, коррозионнотойкая	»	200
Енакиевский метзавод	Инструментальная, быстрорежущая, коррозионнотойкая, подшипниковая	»	>1000
Алчевский металлургический комбинат	Конструкционная среднелегированная	Контейнер	~100
«Криворожсталь», г. Кривой Рог	Конструкционная углеродистая	Бункер-накопитель	

* В работе [2] приведены данные, полученные на начало 1990-х годов. Поскольку в настоящее время объемы производства металла в металлургической промышленности Украины аналогичны, то масса собираемых металлоабразивных отходов также приближается к указанной в табл. 1.



трументальной стали, наплавлены прокатные валки, показавшие при эксплуатации удовлетворительные результаты.

Исследована возможность применения отходов, полученных при зачистке на обдирочно-шлифовальных станках слитков из сплавов ЭП109, ЭП199, ЭП33, для плазменной наплавки деталей арматуры прокатных станов, а также роликов рольгангов, транспортирующих нагретые заготовки, т. е. для деталей, подверженных изнашиванию трением без смазки при повышенных температурах [6]. Перед наплавкой отходы просеивали по фракциям и прокаливали в электропечах при 200...250 °С. Для наплавки использовали порошок фракции 125...315 мкм. Эксперименты показали, что наличие в порошке 3...4 мас. % оксидов ухудшает формирование наплавленного металла.

Все эти работы имели экспериментальный характер и не нашли широкого промышленного применения, поскольку выбор отходов носил случайный характер. Эксперименты показали, что использовать металлоабразивные отходы в производстве наплавочных материалов без предварительной подготовки и подбора химического состава металлической составляющей отходов нельзя.

Для того чтобы металлоабразивные отходы могли использоваться для производства наплавочных материалов, сами отходы и технология их переработки должны соответствовать следующим требованиям:

относительное постоянство химического состава металлической составляющей;

наличие дорогостоящих легирующих элементов (вольфрама, молибдена, хрома, ванадия и др.) в металлической составляющей отходов;

технологичность и экономичность подготовки металлосодержащих отходов к переработке;

технологичность и экономичность переработки отходов в лигатуры и тому подобные шихтовые материалы, легко подвергающиеся размолу и пригодные для производства наплавочных материалов (порошковых проволок, лент, порошков и пр.).

Для производства наплавочных материалов необходимы отходы, которые получают при скоростном шлифовании слитков высоколегированных сталей и сплавов или в процессе абразивной обработки металлорежущего инструмента, поскольку именно в них содержатся такие дорогостоящие легирующие металлы, как вольфрам, ванадий, хром, молибден и др.

Согласно ГОСТ 1639–93 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов», пылевидные отходы от заточки твердосплавного инструмента и быстрорежущих инструментальных сталей должны собираться в отдельные емкости, что облегчает их утилизацию и позволяет получать из них лига-

туры и порошки практически постоянного химического состава.

Подготовка металлосодержащих шлифовальных отходов к переработке. Опыт показал, что металлоабразивные шлифовальные отходы могут содержать до 50 % абразивной составляющей и СОЖ [7]. По этой причине большинство существующих методов утилизации таких отходов предусматривают их предварительную подготовку к переработке для удаления СОЖ и магнитную сепарацию с целью уменьшения содержания немагнитической составляющей. Способы удаления остатков СОЖ предусматривают широко применяемое прокаливание металлоабразивных отходов при температуре 200...400 °С [8–10]. Предлагается также использовать для этой цели высокооборотную центробежную мешалку [11] или обезжиривание отходов тетрахлорэтиленом и просушивание их при 80...120 °С [12].

В процессе прокаливания отходы могут превращаться в коки, которые необходимо измельчать, после чего выполняется магнитная сепарация отходов на сепараторе периодического действия [8, 10–12] для получения концентрата, содержащего 95...98 % металлической и 2...5 % минеральной составляющих (рис. 1) [13]. Такое содержание в отходах абразивной составляющей после магнитной сепарации объясняется тем, что абразивные зерна и металлическая стружка в процессе прокаливания достаточно прочно соединяются (схватываются) друг с другом, кроме того, спиральки металлической стружки могут механическим образом удерживать абразивные зерна.

Для более эффективной очистки металлоабразивных отходов магнитная сепарация дополняется химико-металлургическими способами регенерации. Однако в связи с введением таких технологических операций происходит существенное удорожание конечного продукта. Так, например, в патенте США [12] после магнитной сепарации предлагается окислять отходы при температуре 850...1000 °С в течение 2 ч, после чего окисленный продукт восстанавливают в водороде при 1050...1200 °С.

Довольно сложная технология утилизации металлоабразивных отходов предлагается и в австрийском патенте [9]. После прокаливания для удаления СОЖ к отходам добавляли 10...20 % CaCO_3 , эту смесь нагревали до 1100 °С, выдерживали при указанной температуре 2 ч, а затем охлаждали в воде. Полученный продукт обрабатывали в 10%-м раствором MoCO_3 при температуре 90 °С. По утверждению автора этого патента, в процессе выщелачивания из отходов извлекается до 100 мас. % W, около 90 мас. % Mo и 95 мас. % V. Последующая обработка остатка 15%-м раствором соляной кислоты позволяет извлекать около 93 мас. % Ni и 90 мас. % Co.

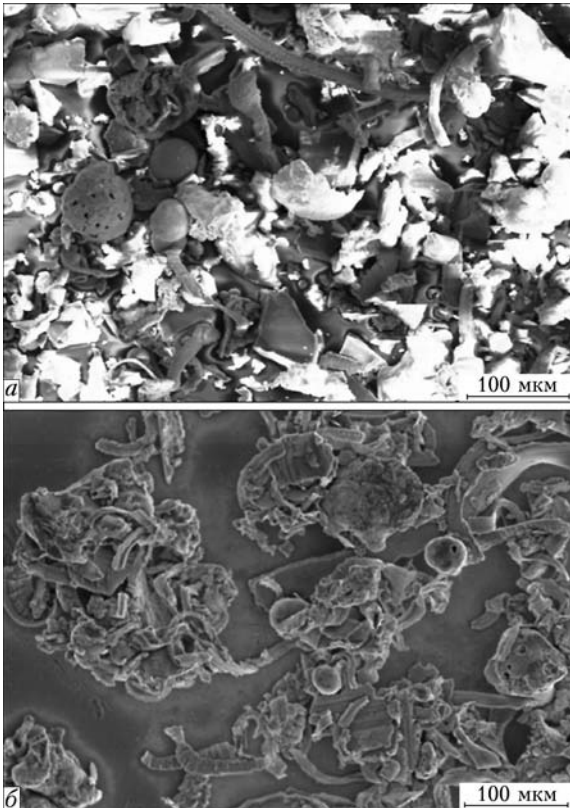


Рис. 1. Внешний вид металлоабразивных отходов до магнитной сепарации (а) и после нее (б)

Из всех рассмотренных способов подготовки металлосодержащих шламов к переработке наиболее простым для реализации являются прокаливание при 200...400 °С для удаления СОЖ, а при значительном содержании в них абразивных остатков — магнитная сепарация.

Переработка металлоабразивных отходов.

Переплав в дуговых печах. На электрометаллургическом заводе «Электросталь» (г. Электросталь, РФ) разработана и внедрена технология утилизации отходов шлифования прецизионных сплавов без магнитной сепарации путем их переплава на паспортную заготовку в пятитонных электродуговых печах [14]. Эти отходы образуются в процессе абразивной зачистки непрерывно-литых заготовок из сплавов 50Н, 29НК, 47НД и представляют собой механическую смесь окисленной металлической стружки длиной 0,5...5,0 мм и продуктов износа абразивного инструмента.

Завалку составляют из стружки, полученной в результате токарной обработки слитков, а также отходов кусковых и шлифования. Количество последних составляло 30...50 % общей массы переплавляемых материалов.

Разработанная технология обеспечивает усвоение (в среднем) до 90 мас. % Со и 93 мас. % Ni, содержащихся в металлической составляющей металлоабразивных отходов и 75...80 мас. % Fe. Полученные шихтовые слитки использовали при выплавке марочного металла соответствующих

прецизионных сплавов в дуговых или индукционных печах. Доля этих слитков составляла до 25 % массы металлической шихты.

На металлургическом комбинате «Запорожсталь» (Украина) в технологии производства полос и листов из коррозионностойкой нержавеющей стали предусмотрена зачистка их поверхности, в результате чего образуется мелкодисперсный шлам, содержащий такие ценные компоненты, как никель (6...7 мас. %), хром (до 13 мас. %) и железо (до 54 мас. %) [15].

Выплавку паспортных слитков вели в семитонной электродуговой печи с добавками в исходную шихту до 1,7 т шлифовального шлама. Присадка отходов шлифования повысила содержание в готовом металле хрома на 0,83...0,96 мас. % и никеля на 1,48...0,68 мас. %. При этом для удаления СОЖ шлам рекомендуется предварительно отжигать в нагревательных устройствах.

Электрошлаковый переплав (ЭШП). Большие перспективы для переработки указанных выше отходов открывают электрошлаковые технологии [16]. При этом ЭШП можно осуществлять с использованием расходоуемых и нерасходоуемых электродов, которые применяются редко. Так, в патенте [17] описан способ извлечения металлических компонентов из шлифовальной пыли путем изготовления из нее способом спекания расходоуемых электродов с последующим их ЭШП. Более рациональным является ЭШП металлоабразивных отходов с использованием нерасходоуемых электродов. При этом исключается трудоемкая операция изготовления расходоуемых электродов из отходов и обеспечивается непрерывность процесса плавки.

На Оскольском заводе металлургического машиностроения (РФ) разработана технология переработки отходов абразивного шлифования быстрорежущих вольфрамсодержащих сталей, которая включает сушку, магнитную сепарацию и ЭШП полученного полупродукта с использованием нерасходоуемого графитового электрода. Переплав производят в глухдонный кристаллизатор или короткий кристаллизатор с вытяжкой слитка [18]. При ЭШП происходит эффективная десульфурация, в результате которой содержание серы снижается с 0,023 до 0,010...0,008 мас. %. Угар таких элементов, как молибден, хром, вольфрам, практически отсутствует. Выход годных слитков составляет около 85 %.

При изготовлении магнитов из сплава ЮНДК (на основе Fe-Al-Ni-Cu-Co по ГОСТ 17809-79) [19] также образуется значительное количество отходов шлифования. Были проведены лабораторные и промышленные эксперименты по переплаву металлоабразивных отходов этого сплава в электродуговых и электрошлаковых тигельных печах. В ходе экспериментов установлено, что электро-



шлаковый способ переплава значительно повышает коэффициент извлечения металла из отходов. Подтверждена также возможность совмещения процессов переплава отходов в электрошлаковой печи и их рафинирования [19].

При использовании электрошлакового тигельного переплава мелкие отходы засыпают в слой жидкого флюса, где они и расплавляются. Полученный продукт по содержанию примесей соответствует строгим требованиям высококачественного сплава ЮНДК или Алнико. Безвозвратные потери металла в этом процессе сравнительно небольшие и значительно ниже, чем при выплавке в дуговой печи [16, 19].

С целью снижения себестоимости легированных сталей и сплавов при изготовлении из них металлопродукции требуемого качества разработана технология получения способом ЭШП слитков заданного состава из фрагментированной шихты (стружка, металлоабразивные отходы и др.). В зависимости от требований, предъявляемых к слитку, при ЭШП осуществляют хлоркислородное окислительное рафинирование металла, деазотацию и десульфурацию, извлечение металлической составляющей из пылевидных металлоабразивов, раскисление и легирование металлической ванны прямым вводом раскислителей и легирующих элементов через шлак [20]. Процесс происходит в непрерывном режиме с периодической выгрузкой слитков на промышленной установке [21]. Разработанная технология позволяет получить качественные слитки легированных сталей из фрагментированной шихты.

В ИЭС им. Е. О. Патона [22] проведены исследования по ЭШП шламов, получаемых при анодно-механической резке заготовок из сплава ЭИ437БУ и электроконтактной зачистке заготовок из сплава ЖС6КП. Опытные плавки выполняли на установке А-550 в водоохлаждаемом кристаллизаторе диаметром 160 мм. Загрузку шлама в кристаллизатор осуществляли порциями.

Учитывая, что данные шламы имеют достаточно высокое содержание Al_2O_3 , в качестве шлака для электрошлакового переплава выбрали плавиковый шпат CaF_2 — основной компонент большинства шлаков, применяемых в электрошлаковых технологиях. Переход Al_2O_3 из шлама в шлак в процессе плавки обеспечивал получение шлака по химическому составу, соответствующему флюсу АНФ-6, что позволило увеличить количество переплавляемого шлама без частичного обновления или полной замены используемого шлака.

Получаемый полупродукт можно использовать при выплавке легированных сталей. Для переплава шлама могут применяться металлические водоохлаждаемые электроды с вольфрамовым или молибденовым наконечником, использование которых для ЭШП дало хорошие результаты [22].

Таким образом, рассмотренные технологии электродугового переплава и ЭШП металлоабразивных отходов позволяют получать либо паспортные слитки, которые могут использоваться при последующей выплавке высоколегированных сталей, либо непосредственно слитки соответствующих марок высоколегированных сталей. Однако эти технологии не применялись для получения лигатур и других шихтовых материалов, пригодных для производства порошковых наплавочных проволок. Как указывалось выше, такие материалы должны относительно легко размалываться в порошки.

С целью получения из металлоабразивных отходов высоколегированных лигатур, отвечающих сформулированным выше требованиям, в ИЭС им. Е. О. Патона предложена технология переработки отходов шлифования инструментов из быстрорежущей стали [23]. Учитывая тот факт, что в настоящее время номенклатура применяемых марок быстрорежущих сталей относительно невелика и зачастую ограничивается сталью Р6М5, получение шихты примерно одного и того же химического состава не представляет больших сложностей.

Первоначально разработана технология переработки отходов, включающая операции проковки, магнитной сепарации для очистки от компонентов абразивных кругов, ЭШП с использованием нерасходуемого графитового электрода, размола и отсева шихты на требуемые фракции. При проведении экспериментов установлено, что для обеспечения устойчивости процесса ЭШП и максимального выхода качественной лигатуры удельная мощность должна быть не менее 100 Вт/см^2 . При этом скорость подачи шлама должна составлять 2...3 кг/мин.

В состав получаемой лигатуры входит достаточное количество таких дорогостоящих легирующих элементов, как вольфрам, молибден, ванадий, она также содержит более 3 мас. % С и поэтому легко размалывается (табл. 2) (рис. 2).

Химический анализ лигатуры, полученной из отходов, которые не проходили предварительную подготовку (опыт № 1, табл. 2), показал, что она, как правило, содержит более 12 мас. % Si, что не всегда допустимо. Такое высокое содержание кремния в лигатуре объясняется тем, что в отходы попадает карбид кремния из абразивных кругов. Предварительная магнитная сепарация отходов позволяет существенно понизить содержание кремния в лигатуре (опыт № 2, табл. 2). Однако это достаточно дорогостоящая операция, требующая применения специального оборудования.

Известно, что карбид кремния может восстанавливать оксиды большинства других металлов, в результате чего образуется диоксид кремния, который при ЭШП легко удаляется в шлак. Были

Таблица 2. Результаты химического анализа состава (мас. %)* отходов до и после специальной подготовки, а также получаемых из них лигатур

№ опыта	Материал, способ его подготовки и лигатура	C	Si	Al	Cr	W	V	Mo	Co
1	Отходы	1,8	16,0	15,0	1,2	5,0	0,9	0,9	0,4
	Лигатура	3,7	12,5	0,2	3,5	5,2	0,8	1,4	0,5
2	Отходы	1,8	16,0	15,0	1,2	5,0	0,9	0,9	0,4
	Отходы после магнитной сепарации	1,7	5,0	4,0	3,6	9,5	1,3	1,4	0,6
	Лигатура	4,1	1,1	0,6	3,9	11,4	0,7	2,3	0,3
3	Отходы	1,8	16,0	15,0	1,2	5,0	0,9	0,9	0,4
	Отходы после окисления	2,2	5,8	3,9	2,4	4,4	0,8	0,8	0,3
	Лигатура	4,5	1,3	0,3	1,3	10,7	0,4	2,3	0,2

* Остальное железо.

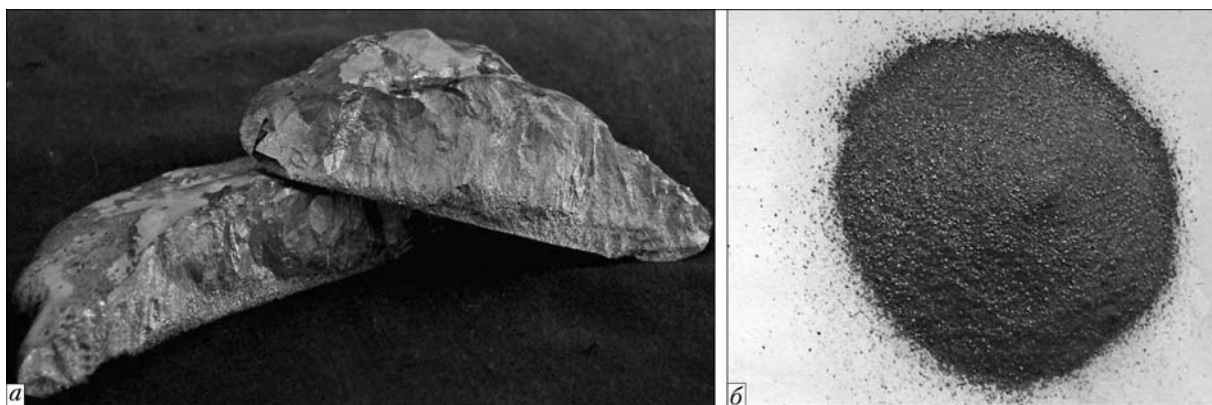


Рис. 2. Вид лигатуры, полученной из металлоабразивных отходов шлифования быстрорежущей стали, до измельчения (а) и после него (б)

проведены эксперименты по замене магнитной сепарации предварительным высокотемпературным окислением металлоабразивных отходов при температуре 900 °С, в результате чего масса шлама несколько увеличилась. При проведении экспериментов по ЭШП окисленных отходов в водоохлаждаемом медном кристаллизаторе установлена зависимость между степенью K окисленности материала (отношение массы окисленного шлама к массе исходного) и содержанием кремния в выплавляемой лигатуре. Так, при $K = 1,0...1,05$ содержание кремния в лигатуре остается достаточно высоким — 9...12 мас. %, при $K = 1,1...1,2$ оно снижается до 4,8...6,9 %, а при $K = 1,3...1,5$ — до 1,3 мас. % (опыт № 3, табл. 2). Таким образом, изменяя степень окисленности шихты, можно управлять содержанием кремния в лигатуре. При этом содержание других легирующих элементов в лигатурах, выплавленных предварительно окисленной шихты, находится в тех же пределах, что и в лигатуре, полученной из отходов, прошедших магнитную сепарацию.

С использованием этой лигатуры изготовлены опытные партии порошковых проволок ЦП-АН132 и ПН-АН147, обеспечивающих получение наплавленного металла типа инструментальных сталей

[24]. Порошковые проволоки этого типа широко применяются для наплавки прокатных валков, штампов и штамповой оснастки различного типа [1]. Кроме лигатуры, в шихту порошковых проволок дополнительно вводили ферросплавы с целью получения наплавленного металла, соответствующего по составу маркам указанных проволок. Исследования металла, наплавленного опытными порошковыми проволоками, показало, что по твердости и другим механическим свойствам он соответствует металлу, наплавленному стандартными порошковыми проволоками ПП-АН 132 и ПП-АН147. Эти эксперименты подтвердили эффективность разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона технологии переработки металлоабразивных отходов быстрорежущей стали, включающей высокотемпературное окисление и ЭШП с использованием нерасходуемого водоохлаждаемого электрода, и перспективность применения получаемой лигатуры для производства высоколегированных наплавочных материалов.

Выводы

1. Металлоабразивные отходы шлифования высоколегированных сталей, собираемые на металлургических и машиностроительных предприяти-



ях, могут служить сырьем для производства лигатур для наплавочных материалов. Для того чтобы такие отходы могли использоваться для производства наплавочных материалов, они и технология их переработки должны отвечать ряду требований.

2. В ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология переработки металлообразивных отходов быстрорежущей стали, включающая высокотемпературное окисление и ЭШП с использованием нерасходуемого водоохлаждаемого электрода. Экспериментальным путем подтверждена перспективность применения получаемой лигатуры для производства высоколегированных наплавочных материалов.

1. *Рябцев И. А.* Наплавка деталей машин и механизмов. — Киев: Экотехнология, 2004. — 160 с.
2. *Ресурсосберегающий* и природный потенциал порошковых материалов и технологий: реализация в сфере переработки вторичных ресурсов / С. С. Кипарисов, О. В. Падалко, Ю. В. Левинский, В. Л. Эзикман // Порош. металлургия. — 1993. — № 6. — С. 1–4.
3. *Габриелов И. П., Керженцева Л. Ф.* Свойства порошка, полученного из металлообразивных отходов быстрорежущей стали // Там же. — 1985. — № 9. — С. 133–136.
4. *Бабий В. М., Кондратенко З. Ф., Рыбалка В. И.* Использование пылевидных отходов абразивной зачистки металла проката в производстве электродов для сварки чугуна // Свароч. пр-во. — 1989. — № 10. — С. 32–33.
5. *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. Крупник // Тез. докл. всесоюз. семинара «Восстановление и упрочнение деталей металлургических агрегатов наплавкой, напылением и термообработкой», г. Москва, сент. 1990 г. — М.: ЦНИИТЭИ ЧМ, 1990. — С. 3.
6. *Поздеев Г. А., Олейник В. А.* О возможности использования дисперсных отходов механической обработки слитков для наплавки плазменной дугой // Свароч. пр-во. — 1990. — № 10. — С. 32–33.
7. *Эффективные* процессы обдирочного шлифования / Л. Р. Тагер, И. Я. Жабин, Б. Т. Горшков и др. // Бюл. Ин-та Черметинформация. — 1972. — № 15. — С. 11–16.
8. *А. с. 944659 СССР, МКИ В 03 С 1/08.* Электромагнитный сепаратор / Ю. И. Тамбовцев, И. Н. Бурачонок. — Оpubл. 23.10.80; Бюл. № 27.
9. *Пат. 377240 Австрия, МКИ С 01 G 001/00.* Способ переработки стружки, в частности, шлифовальной пыли / W. Hans, K. Steinmark, M. Wolfgang, L. Steiermark. — Оpubл. 25.02.85.
10. *Габриелов И. П., Рапопорт Л. А., Слабодкин В. Ю.* Переработка мелкофракционных отходов легированной стали // Сталь. — 1989. — № 10. — С. 39.
11. *Badanie i opracowanie technologii odzysku stopow AlNiCo ze szlamow poszlifierskich* / W. Radzikowski, T. Piecuch // Optym. wykorzyst. sur. miner, proces, przerobki i przetworstwa: Mater. sympoz., Zakopane, 25–27 pazdz. 1988. — Krakow, 1988. — S. 25–27.
12. *Пат. 4409020 США, МКИ С 22 С 1/04, В 02 F 9/04, НКИ 75/05 В.* Извлечение металлов из шламов, образующихся при шлифовании / J. L. Holman, L. A. Neumeier. — Оpubл. 11.10.83.
13. *Довгий И. И., Волобуев В. Ф., Анкудинов Н. В.* Заготовка и переработка вторичных металлов. — М.: Металлургия, 1980. — 407 с.
14. *Тагер Л. Р., Караваев В. М.* Утилизация отходов шлифования прецизионных сплавов // Бюл. Ин-та Черметинформация. — 1979. — № 21. — С. 37.
15. *Павлищев В. Б., Сало Г. Д.* Использование шлифовально-го шлама при выплавке коррозионноустойчивой стали // Сталь. — 1985. — № 10. — С. 42–43.
16. *Волкотруб Н. П., Латаш Ю. В.* Исследование возможности извлечения металлических компонентов из шлама с помощью электрошлаковой плавки // Спец. электрометаллургия. — 1981. — № 46. — С. 32–35.
17. *Пат. 2505378 Германия, МКИ С 21 С 5/52.* Способ восстановления металлических компонентов из шлифовочной пыли / Г. Соинтаг, Х. Валаш. — Оpubл. 14.08.78.
18. *Волков А. Е., Бедрин Н. И.* Особенности электрошлакового переплава абразивной пыли // Сталь. — 1994. — № 3. — С. 70–71.
19. *Соколов В. М., Федоренко И. В.* Усовершенствованная технология рафинирующего переплава шлама и шрифотходов сплава ЮНДК // Процессы литья. — 2001. — № 3. — С. 81–84.
20. *Богданов С. В.* Перспективы использования технологии ЭШР для утилизации металлоотходов // Сталь. — 1990. — № 6. — С. 36–37.
21. *Яковенко В. А., Лютый И. Ю.* Установка для электрошлаковой выплавки и рафинирования металлов и сплавов из некомпактной шихты УО-105: Сер. Спецэлектрометаллургия. — Киев, 1989. — [4 с.]. — (Информ. письмо / АН УССР. Ин-т электросварки им. Е. О. Патона; № 5 (1712)).
22. *Лютый И. Ю., Волкотруб Н. П., Латаш Ю. В.* К вопросу использования охлаждаемых нерасходуемых электродов при электрошлаковой обработке металлов // Спец. электрометаллургия. — 1976. — № 30. — С. 28–33.
23. *Лентюгов И. П.* Разработка технологии получения лигатур для порошковых проволок с использованием отходов шлифовального производства // II Всеукр. наук.-техн. конф. молодых ученых та спеціалістів: Тез. доп., Київ, 25–27 червн. 2003 р. — К.: Ін-т електросварювання ім. С. О. Патона, 2003. — С. 41.
24. *Изготовление* порошковых проволок для наплавки и дуговой металлизации с использованием в шихте отходов шлифования быстрорежущих сталей / И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, О. Г. Кузьменко, И. П. Лентюгов // Сварка и родственные технологии 2002: Тез. докл. Междунар. конф. (Бенардосовские чтения), г. Киев. 22–26 апр. 2002 г. — Киев: Ин-т электросварки им. Е. О. Патона, 2002. — С. 44–45.

Methods for preparation of metal-containing grinding wastes for processing and technologies for processing the abrasive grinding metal-containing wastes are considered. Foreign and domestic experience in utilisation and processing of such wastes is described.

Поступила в редакцию 29.11.2007