

УДК 621.7.022:621.771

**А.Б. КАНСКИЙ**, к.т.н, научный консультант  
**А.Ю. ПИРОГОВ**, заместитель генерального директора, **В.И. КУКЛИЧ**, заведующий отделом  
 УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

## К ВОПРОСУ О ПОДГОТОВКЕ К УТИЛИЗАЦИИ ЗАМАСЛЕННОЙ ОКАЛИНЫ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Рассмотрены условия образования и замасливания окалины при горячей прокатке металла и методы ее подготовки к утилизации, применяющиеся в настоящее время на металлургических заводах. Отмечены преимущества метода смешивания крупной и мелкой окалины в бункерах обезвоживания первичных отстойников по сравнению с другими методами и перспективность его использования.

При горячей прокатке углеродистых сталей образуется значительное количество окалины (11,6–19,4 кг на тонну обрабатываемого материала), являющейся ценным металлургическим сырьем. По содержанию железа (65–72 %) окалина превосходит железорудные концентраты, производимые горно-обогатительными комбинатами по сложным технологическим схемам обогащения, и представляет собой теоретический предел обогатимости железорудного сырья [1].

Окалина отделяется от металла в виде частиц различной формы и крупности. Крупность частиц определяется температурным режимом нагревания заготовок и технологией обработки в процессе получения заданного сортамента.

Исходя из седиментационных характеристик, окалину условно можно разделить на крупнодисперсную (>0,1 мм) и мелкодисперсную. Данные, приведенные в табл.1, показывают, что основную массу окалины составляют крупнодисперсные фракции, содержание которых превышает 90 %.

Окалина, отделившаяся от металла отработанной водой технологических агрегатов и системой гидросмыва подстанowych лотков, транспортируется на очистные сооружения. Одновременно с окалиной в воду поступают технологические смазки (масло индустриальное 20 и 30, автолы АК-10, АК-15 и др.).

Очистка стоков прокатных станов производится в две ступени, на первой из которых отделяется крупнодисперс-

ная окалина. Эта операция осуществляется в первичных отстойниках, представляющих собой проточные прямоугольные резервуары. Объем этих отстойников при дальнейшей транспортировке стоков насосными агрегатами принимается равным их 6–10-минутному расходу [2].

При первичных отстойниках предусматриваются бункеры обезвоживания, которые периодически заполняются окалиной, удаляемой из них грейферными кранами. Такая технологическая схема получила наибольшее распространение как в отечественной, так и в зарубежной практике.

На второй ступени выделяются мелкодисперсная окалина и масло. С этой целью в последнее время применяются радиальные и усовершенствованные горизонтальные вторичные отстойники с удалением осадка насосами.

В производственной практике получила распространение раздельная схема утилизации крупнодисперсной и мелкодисперсной окалины.

Утилизация крупнодисперсной окалины не представляет сложности и не требует никакой специальной подготовки: после предварительного обезвоживания в бункере первичного отстойника она может перевозиться любым видом транспорта. Содержание масла в этой окалине не превышает 1–1,5 %, а влаги – 5 %. Относительно малое содержание масла в ней объясняется тем, что при транспортировке стоков по лоткам от агрегатов прокатного стана к первичному отстойнику масло перемещает-

**Таблица 1 – Гранулометрический состав образующейся окалины в зависимости от прокатываемого сортамента**

Станы	Крупность фракций окалины (мм) и их содержание (%)									
	>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,15	<0,15
Сортопрокатные	1,1	5,21	4,94	12,02	8,99	24,75	9,17	15,64	10,19	7,99
Листопрокатные	–	–	–	2,78		5,20	4,42	21,6	51,0	15,0



ся преимущественно в верхней части потока, а окалина – в нижней. Контакт между окалиной и маслом осуществляется только в момент деформации металла и при падении струй отработанной воды в подставные лотки, т.е. является весьма кратковременным.

Следует также учитывать, что поверхность отделяющихся пластинок окалины имеет неодинаковую структуру с наружной стороны и со стороны металла, поскольку неодинаковы условия воздействия температурного поля при нагревании заготовок, и это может выражаться в различии смачиваемости.

При контакте капелек масла с поверхностью частиц окалины в водной среде условие равновесия записывается следующим уравнением [3]:

$$\sigma_{в.т.} - \sigma_{м.т.} = \sigma_{м.в.} \cos \theta_{м.в.},$$

где  $\sigma$  – поверхностное натяжение между фазами, в. – вода, м. – масло, т. – твердое тело,  $\theta$  – краевой угол смачивания.

Если поверхность гидрофильная, то краевой угол смачивания  $\theta_{м.в.} > 90^\circ$  ( $\cos \theta_{м.в.} < 0$ ), следовательно,  $\sigma_{в.т.} < \sigma_{м.т.}$ . В этом случае масло не будет вытеснять воду с поверхности окалины.

Если поверхность гидрофобная, то  $\theta_{м.в.} < 90^\circ$  ( $\cos \theta_{м.в.} > 0$ ) и  $\sigma_{в.т.} > \sigma_{м.т.}$ . В этом случае масло будет вытеснять воду.

Следовательно, малое содержание масла в крупнодисперсной окалине может свидетельствовать о превалировании размера гидрофильной части поверхности над гидрофобной. Но это предположение требует дальнейших более глубоких подтверждений. Частицы мелкой окалины, проходя насосы при транспортировке стоков от первичных отстойников к вторичным, интенсивно перемешиваются и сталкиваются с диспергирующимся в это время маслом, что может служить дополнительным благоприятным условием для омасливания поверхности [4]. Кроме того, величина удельной поверхности частиц этой окалины значительно превосходит величину удельной поверхности крупных частиц, чем и объясняется большая доля адсорбированного масла по отношению к массе частиц мелкой фракции. Содержание масел в осадках вторичных отстойников по массе составляет 10–20 % [5].

Подготовка к утилизации мелкой окалины связана с необходимостью обеспечения ее транспортабельности для перевозки автомобильным или железнодорожным транспортом к шихтоподготовительным установкам агломерационных фабрик.

Существует несколько методов подготовки к утилизации мелкой замасленной окалины, основные из которых следующие:

## ОБЕЗВОЖИВАНИЕ НА ДРЕНАЖНЫХ ПЛОЩАДКАХ

Этот метод применяется преимущественно на металлургических заводах Украины, России и Казахстана. Технологический процесс включает выгрузку окалины грейферным краном из вторичных горизонтальных отстойников на площадку, расположенную в непосредственной близости и оборудованную дренажными каналами. Здесь она частично обезвоживается и подсушивается атмосферным воздухом. Повышение эффективности этого метода достигается применением извести, которая смешивается грейфером с ранее выгруженной окалиной. После выдержки в течение некоторого времени эта смесь превращается в транспортабельный материал.

Недостатками этого метода являются значительная трудоемкость, обусловленная применением извести, высокие эксплуатационные и транспортные расходы.

## ОБЕЗВОЖИВАНИЕ НА ВАКУУМ-ФИЛЬТРАХ

Этот метод разработан фирмой «Инленд Стил К<sup>о</sup>» (США) для одного из металлургических заводов, где для второй ступени очистки стоков применены радиальные отстойники, после которых сгущенный осадок с 40–50 % содержанием твердого перекачивается насосами в расходный бак вакуум-фильтров, где установлены барабанные фильтры с площадью фильтрации 40 м<sup>2</sup>. В качестве фильтрующего элемента используется полиэтиленовая ткань. Для улучшения качества обезвоженного осадка в расходный бак вакуум-фильтров насосами-дозаторами подается известь. Влажность обезвоженного осадка составляет около 38 %. Производительность установки – 500 т/месяц. При остановках оборудования фильтроткань и все трубопроводы промываются: через разбрызгивающие сопла на фильтроткань подается свежая вода.

Недостатки этого метода: сложность технологической схемы и высокие эксплуатационные расходы. Метод непригоден при повышенном содержании масла в осадках вторичных отстойников, что имеет место при использовании реагентов-хлопьеобразователей для интенсификации осветления воды.

## СЖИГАНИЕ МАСЛЯНЫХ ШЛАМОВ

Этот метод используется на некоторых заводах Германии. В работе хорошо зарекомендовали себя работающие печи, снабженные специальными горелками, барабан печи установлен с наклоном 4 °С относительно оси горелки.

Более экономично в данном случае применение муфельных печей. Муфельная печь разогревается в тече-

ние 15 минут, при этом расходуется 15–20 л нефти, после чего подвод нефти прекращается, и сжигание производится без подвода тепла извне.

Недостатки этого метода: высокие эксплуатационные расходы и трудоемкость извлечения твердых продуктов сгорания при использовании муфельных печей.

### ПРОМЫВКА ЗАМАСЛЕННОЙ ОКАЛИНЫ РАСТВОРИТЕЛЕМ

Метод разработан Национальной металлургической академией Украины и опробован в промышленных условиях на ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и состоит в последовательном выполнении турбулентной промывки замасленной окалины сырым бензолом, промывки водой и сушки в кипящем слое [6]. Применение этого метода предоставляет возможность извлечения масел для повторного использования.

К недостаткам этого метода относится сложность технологической схемы и значительные эксплуатационные расходы.

### СМЕШИВАНИЕ С ТОПЛИВНЫМИ ДОБАВКАМИ

Метод предусматривает применение в качестве добавок тонкоизмельченного угля и торфа.

Способ добавки угля предложен в Великобритании и включает операции смешивания окалины и угля, а также формирования брикетов при нагревании смеси. В качестве связующего используют 1,25–2,75 % сажи и 2,5–4 % терморезактивной смолы. Содержание углерода в смеси должно соответствовать условиям стехиометрического соотношения для полного восстановления углеродом окислов железа [7]. Этот метод относится к числу дорогостоящих и в настоящее время широкого применения не получил.

Национальной металлургической академией Украины разработан метод добавки в замасленную окалину торфа, активированного сульфитно-спиртовой бардой [8]. Торф обладает высокой влагоемкостью и может служить сорбентом и деструктором нефтяных компонентов. Рекомендуемое соотношение окалины и торфа 4 : 0,7–1,5. Этот метод используется в агломерационном производстве ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» [9].

### СМЕШИВАНИЕ КРУПНОЙ И МЕЛКОЙ ОКАЛИНЫ

Этот метод использован фирмой «Фест Альпине» (Австрия) при подготовке к утилизации окалины прокатных станков Белорусского металлургического завода (г. Жлобин Гомельской обл.).

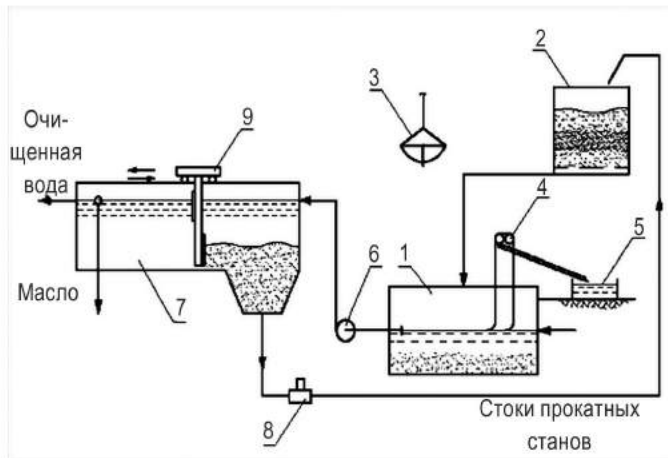
О целесообразности широкого применения такого метода свидетельствует несложный расчет материального баланса по содержанию твердого и влаги в мелкой и крупной окалине. Если принять соотношение по массе между крупной и мелкой окалиной как 9 : 1, а содержание влаги в крупной окалине на уровне 5 %, концентрацию мелкой окалины в осадке вторичных отстойников – 300 г/л ( $\gamma_{тв} = 4,7–5,3 \text{ г/см}^3$  [5]), то влажность их смеси составит около 26 % (без учета фильтрации). В случае предельного содержания мелкой окалины, с точки зрения транспортабельности шлама насосами (около 600 г/л), влажность смеси составит не более 10 %. Аналогичный расчет по балансу масла показывает, что замасленность смеси не превышает 4 %, т.е. она будет вполне транспортабельна.

Технологическая схема очистки воды и подготовки к утилизации замасленной окалины Белорусского металлургического завода показана на рис. 1. Осадок из горизонтального отстойника насосом усовершенствованной конструкции подается в бункер обезвоживания крупной окалины первичного отстойника, заполняемый грейфером, причем давлением, создаваемым насосом, осадок разбрызгивается на поверхность крупной окалины. Спустя некоторое время смесь окалины вывозится автотранспортом. Эта система успешно работает с начала 80-х годов XX в. Ее особенностями являются компактное размещение оборудования непосредственно у производственного здания цеха, уборка масла с поверхности воды первичного отстойника и небольшие размеры (в плане) бункера обезвоживания.

Бесспорными преимуществами метода смешивания окалины являются простота выполнения, минимальное количество необходимого оборудования и небольшие эксплуатационные расходы.

Актуальность дальнейшей разработки установок подготовки к утилизации окалины путем смешивания для систем очистки воды прокатных станков различных типов обусловлена сложившейся в настоящее время тенденцией замены вторичных горизонтальных отстойников с грейферной выгрузкой осадка радиальными отстойниками.

В связи с этим УкрГНТЦ «Энергосталь» разработана установка для подготовки к утилизации окалины методом смешивания при использовании во второй ступени очистки воды радиальных отстойников [10]. Однако попытка ее внедрения на Московском металлургическом заводе «Серп и молот» и Белорецком металлургическом комбинате (Башкортостан) оказалась неудачной из-за больших размеров (в плане) бункеров обезвоживания, проектных недоработок и отсутствия квалифицированной наладки. В настоящее время разработано устрой-



**Рисунок 1 – Технологическая схема очистки воды и подготовки к утилизации окалины проволочных прокатных станов Белорусского металлургического завода**

- 1 – первичный отстойник; 2 – обезвоживающий бункер;  
3 – грейфер; 4 – маслосборное устройство; 5 – емкость для масла; 6 – насос; 7 – вторичный отстойник; 8 – шламмовый насос; 9 – транспортная тележка

ство распределения осадка радиальных отстойников в бункерах обезвоживания больших размеров, что позволит рекомендовать применение этого метода практически для любых станов горячей прокатки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сокуренок, А.В. Опыт утилизации железосодержащих шламов и вторичной окалины [Текст] / А.В. Сокуренок, В.А. Шеремет, А.В. Кекух и др. // Сталь – 2006. – № 1. – С. 82–85.
2. Сериков, Н.Ф. Водное хозяйство заводов черной металлургии [Текст] / Н.Ф. Сериков, Г.Н. Красавцев – М.: Металлургия, 1973. – 407 с.
3. Бейлин, М.И. Теоретические основы процессов обезвоживания углей [Текст] / М.И. Бейлин – М.: Недра. 1969. – 237 с.
4. Шубов, Л.Я. Теоретические основы и практика применения аполиарных масел при флотации [Текст] – М.: Недра. 1969. – 188 с.
5. Левин, Г.М. Защита водоемов от загрязнений сточными водами предприятий черной металлургии [Текст] / Г.М. Левин, Г.С. Пантелят, И.А. Вайнштейн, Ю.М. Супрун. – М.: Металлургия, 1978. – 216 с.
6. Учитель, А.Д. Разработка технологии переработки вторичной замасленной окалины с получением концентрата и технического масла [Текст] / А.Д. Учитель, Е.С. Кучма, А.Ю. Вулых и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. – № 3. – С. 127–130.
7. Борисов, В.М. Перспективы использования дисперсных отходов прокатного производства в черной металлургии [Текст] / В.М. Борисов, А.Д. Яценко-Жук, И.Я. Матюх // Черная металлургия: Бюлл. НТИ. – 1981. – Вып. 17. – С. 45–59.
8. Крипак, С.Н. Эколого-технологические особенности подготовки замасленной прокатной окалины для использования в агломерационной шихте [Текст] / С.Н. Крипак, В.И. Шатоха, Л.В. Камкина // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. – № 4. – С. 109–112.
9. Кекух Я.В. Использование замасленной окалины в качестве сырья для агломерационного передела на ОАО «Криворожсталь» [Текст] / А.В. Кекух, П.И. Оторвин, С.Н. Крипак и др. // Проблемы накопления и утилизации пылесодержащих составляющих отходов промышленных предприятий и перспективы их решения в рамках научно-технической программы Евросоюза INCO: Труды международной научно-технической конференции, 13–17 июня 2005 г., с. Песчаное (Крым). – К.: Общество «Знание» Украины, 2005 г. – С. 41–46.
10. Канский А.Б. Установка для утилизации окалины прокатного стана [Текст] / А.Б. Канский, Г.С. Пантелят, В.Н. Чернецов, А.В. Ерохин // Авт. свид. СССР на изобретение № 865 834. – 21.05.1981. Бюл. № 35.

Розглянуто умови утворення та замаслювання окалини при гарячій прокатці металу, та методи її підготовки до утилізації, які застосовуються на металургійних заводах. Відмічено переваги метода змішування крупної та дрібної окалини у бункерах зневоднення первинних відстійників порівняно з іншими методами та перспективність щодо його використання.

Conditions of scale formation and oiling during hot rolling and methods of its preparation to recovery being used now at iron & steel works are considered. Advantages of the method provides mixing large and fine scale in dewatering bunkers of primary settling tanks in comparison with other methods and availability of its use are presented.

Поступила в редакцію 22.01.2008