



*The forecast of formation of the ferrous metals chips in the Republic of Belarus is carried out.*

*В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, НАН Беларуси,  
М. Л. ГЕРМАН, Э. А. СТЕБЛОВА, Н. В. ЯКУТОВИЧ,  
ИТМО им. А.В.Лыкова НАН Беларуси*

УДК 669.18.013

## АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СТРУЖКИ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Сырьевая безопасность является одной из главных составляющих устойчивого экономического развития для любого современного государства. Особое место в ряду используемых в промышленности материалов занимают черные металлы. Без них сегодня не может обойтись ни одно крупное промышленное предприятие. Республика Беларусь, не обладающая крупными месторождениями железных руд, вынуждена закупать для своих нужд как готовый металлопрокат, так и сырье (лом черных металлов) для его производства. Так, предприятия Республики Беларусь импортируют более 2,5 млн. т металлолома и металлопродукции в год. На эти цели только в 2004 г. потрачено более 1 млрд. долл. США.

В то же время часть лома черных металлов, пригодного для последующей переплавки, собирается непосредственно на территории страны. Достаточно большую часть этих отходов в промышленном комплексе страны составляет стружка черных металлов. Так, в настоящее время в Республике Беларусь на промышленных предприятиях образуется порядка 180–190 тыс. т в год стружки черных металлов, в том числе не менее 38 тыс. т сортированной чугунной стружки и 148 тыс. т сортированной стальной стружки при ежегодном приросте образования металлической стружки от 10 до 15 тыс. т. В настоящее время эта стружка экспортируется за рубеж. При этом белорусская небрикетированная металлическая стружка пользуется значительным спросом в Германии, Испании, Латвии, Польше, где применяется в качестве сырья при производстве стального и чугунного литья, а также стального проката.

Устойчивый рост темпов экономического развития республики в течение последних лет, а

также планы экономического развития на ближайшее будущее позволяют сделать вывод о дальнейшем росте потребления металлопродукции и соответственно увеличении годового объема образования металлической стружки. В представленной работе рассмотрена проблема возврата металлической стружки в производство на территории Республики Беларусь и предложены пути переработки металлической стружки, образующейся на промышленных предприятиях.

Интенсивный рост объемов производства промышленной продукции в республике привел к резкому увеличению объемов образования стружки черных металлов. Так, в 2002 г. было образовано около 160 тыс. т стружки, в 2003 г. – 170, в 2004 г. – 186 тыс. т (рис. 1). Наибольшее количество стружки (около 60%) образуется в Минске и Минской области. Это объясняется тем, что в столице и столичном регионе расположены крупнейшие машиностроительные предприятия.

Анализ использования стружки внутри страны показал следующее. Стружка черных металлов частично перерабатывается в местах образования непосредственно на машиностроительных и литейных заводах. Объемы такой переработки составляют 7–8% стальной и 20–22% чугунной стружки с сохранением тенденции роста на протяжении последних лет.

Из-за отсутствия технологических возможностей использования стружки внутри страны она не используется для импортозамещения закупаемого за пределами республики лома. В то же время при самостоятельной переработке с использованием современных технологий указанного количества стружки ею можно было бы заменить

более 100 тыс. т импортного лома. Таким образом, без учета затрат на создание мощностей и технологий по использованию стружки объем валютных средств на закупку лома за пределами республики может быть снижен на 2,5 млн. долл. США по состоянию на 2004 г.

Выполненный авторами прогноз образования стружки черных металлов при условии, что в промышленности республики не будут введены новые специализированные мощности по переплаву стружки показал, что до 2010 г. объем стружки черных металлов, который не будет использован на территории страны, может достигнуть  $200 \pm 10$  тыс. т в год. Поэтому для решения проблемы полной переработки стружки внутри страны к 2010 г. Республика Беларусь должна обладать плавильными агрегатами, способными наиболее эффективно переплавлять до 200 тыс. т в год стружки черных металлов.

Анализ оборудования промышленных предприятий Беларуси, пригодного для переплава стружки черных металлов, показал, что даже полная реализация всех потенциальных возможностей переработки стружки на имеющихся плавильных агрегатах не решает проблему ее полного использования на территории страны.

Проведенный анализ эффективности использования имеющегося плавильного оборудования (вагранки, электродуговые и индукционные печи) показал, что наиболее эффективным путем переработки стружки черных металлов в Республике Беларусь является ввод новых мощностей для ее переплава на основе индукционных печей средней частоты с электромагнитным перемешиванием. Этот вывод подтверждается зарубежным опытом переработки стружки черных металлов. Так, например, на заводе MANLE (г. Кротошин, Польша) без промежуточных операций брикетирования чугунная стружка переплавляется в индукционных печах средней частоты с электромагнитным перемешиванием (производитель печей фирма OTTO JUNKER, Германия). На заводе OTTO JUNKER в индукционных печах с электромагнитным перемешиванием без предварительного брикетирования переплавляют стальную легированную стружку (рис. 2).

Были проанализированы три наиболее перспективных в условиях Республики Беларусь пути

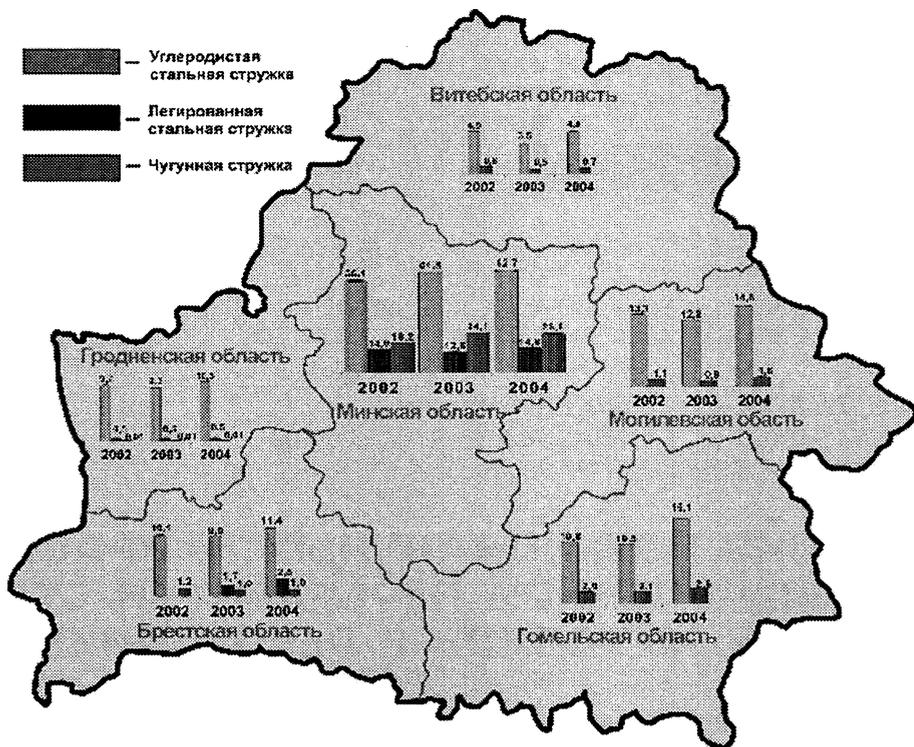


Рис. 1. Динамика сдачи стружки черных металлов по областям Республики Беларусь за 2002–2004 гг., тыс. т

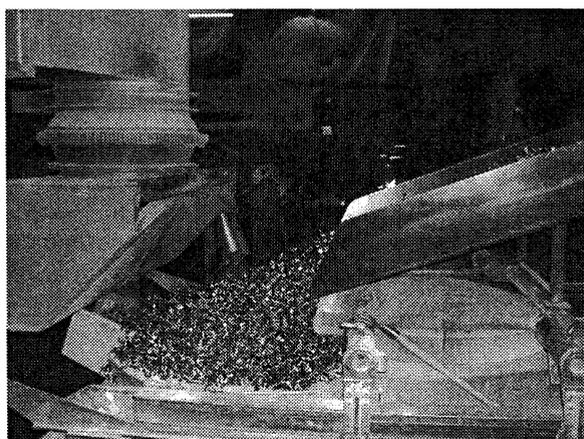


Рис. 2. Дозагрузка стальной легированной стружки в средне-частотную индукционную печь в процессе плавления

переработки и использования стружки черных металлов: 1) экспорт неиспользуемой стружки черных металлов за рубеж; 2) использование стружки на существующих производственных мощностях по выплавке чугуна и стали с ее предварительным брикетированием (холодное брикетирование для чугунной и стальной углеродистой стружки, горячее брикетирование для легированной стружки); 3) использование стружки для переплава в среднечастотных индукционных печах с магнитным перемешиванием на микрозаводе (чугунной и стальной углеродистой стружки — в перелыйный чугун в чушках, стальной легированной стружки — в легированные литейно-шихтовые слитки).

Каждое из этих направлений имеет свои преимущества и недостатки. Так, при экспорте стружки нет необходимости в капитальных вложениях для ее переработки и использования. Но в то же время являются существенными потери валюты в связи с отказом от использования более дешевого сырья (стружки) вместо импортируемого из России лома, а выручка от экспорта зависит от конъюнктуры цен на зарубежных рынках.

Использование стружки на существующих производственных мощностях по выплавке чугуна и стали с ее предварительным брикетированием хорошо тем, что отсутствуют потери валюты на закупку лома в объеме стружки, и нет ее потерь при хранении, однако даже задействование всех мощностей республики по переплаву стружки не решает проблему ее полного использования. Помимо этого, высоких капитальных затрат требует приобретение прессов для холодного брикетирования чугунной и стальной углеродистой стружки и изготовление промышленной установки горячего брикетирования стальной легированной стружки. Среди других отрицательных факторов следует отметить засоренность стружки маслом, что требует модернизации систем газоочистки; высокие потери металла при переплавке брикета (угар) на существующих плавильных агрегатах (от 10 до 40%); засоренность стружки цветными металлами, что влечет за собой дополнительные затраты на доводку стали по химическому составу.

Можно отметить ряд достоинств и недостатков направления, связанного с использованием стружки для переплавки в среднечастотных индукционных печах с магнитным перемешиванием на микро-заводе. К достоинствам этого способа следует отнести отсутствие потерь валюты на закупку лома в объеме металла, получаемого при расплавлении стружки; минимальные потери стружки при ее переплаве (от 1 до 5%) [1]; небольшой срок окупаемости капитальных затрат; отсутствие необходимости брикетировать стружку для ее использования; возможность расширения производства для выпуска высокорентабельной импортозамещающей продукции. Главным недостатком данного метода являются самые высокие из перечисленных направлений капитальные затраты, которые связаны с приобретением индукционных печей и сопутствующего оборудования.

Остановимся кратко на анализе экономической эффективности выбранных направлений переработки и использования стружки черных металлов. Для случая экспорта расчеты показали, что убыточно экспортировать стружку из Республики Беларусь при одновременном импорте стального лома. Анализ экономической эффективности использования стружки черных металлов на существующих мощностях по выплавке чугуна и стали показал следующие результаты. На суще-

ствующих в Республике Беларусь плавильных агрегатах целесообразно использование стружки черных металлов насыпной либо брикетированной не более 10 % от массы шихты. Учитывая гораздо более высокий угар насыпной стружки, наиболее целесообразным является переплавка стружки в виде брикетов. Существуют две технологии брикетирования стружки: холодное брикетирование чугунной и стальной углеродистой стружки и горячее брикетирование стальной легированной стружки. Детальный анализ показал, что оборудование по брикетированию всех видов стружки целесообразно расположить на предприятии, потребляющем брикет в основном производстве (МАЗ, МТЗ и др.). Крупнейшим таким предприятием на территории Республики Беларусь является РУП «Белорусский металлургический завод». Таким образом, в случае установки оборудования по производству брикета из стружки черных металлов на предприятии-потребителе возможно получение около 3–4 млн. долл. США дополнительной чистой прибыли в год за счет использования более дешевого сырья. При этом срок окупаемости капитальных вложений не превысит 2 лет. Однако существенным недостатком всех вариантов брикетирования является высокий угар брикета при его переплавке на существующих плавильных агрегатах (30–40%). Необходимо учитывать, что из-за высокой замасленности стружки минимальные дополнительные затраты на замену рукавных фильтров системы газоочистки могут составить около 1 млн. долл. США в год.

Была рассмотрена эффективность использования стружки для переплавки в среднечастотных индукционных печах с электромагнитным перемешиванием на специализированном микро-заводе. Авторы данной работы участвовали в разработке инновационного предложения по созданию специализированного металлургического микро-завода, включающего производство передельного чугуна в чушках и мелкосортного стального проката [2]. Названный микро-завод требовал более 40 млн. долларов США капитальных затрат при объеме выпуска металлопродукции 110 тыс. т в год. Получено положительное решение № 2005129319/22 от 09.02.2006 г. о выдаче патента Российской Федерации на полезную модель «Литейно-прокатный комплекс металлургического микро-завода».

В настоящее время разработан альтернативный вариант микро-завода, который требует в несколько раз меньший объем капитальных затрат (порядка 10–15 млн. долларов США) и предполагает только производство передельного чугуна в объеме до 180 тыс. т в год (для дальнейшего использования в литейных цехах предприятий Республики Беларусь) и литейно-шихтовых слитков, изготовленных из стальной легированной стружки в объеме до 20 тыс. т в год. Для расчета

эффективности предполагаемого микро-завода по переплавке стружки были выбраны среднечастотные индукционные печи. В данных печах за счет магнитного перемешивания расплава угар стружки является минимальным из всех существующих на сегодняшний день плавильных агрегатов, к тому же в них можно использовать насыпную, а не брикетированную стружку. Для переплава образующейся чугуновой и стальной углеродистой стружки в передельный чугун в чушках необходимы три печи (сдвоенных) с объемом тигля 6 т. Для переплава стальной легированной стружки в литейно-шихтовые слитки из легированной стали предлагается использовать один тигель объемом 6 т сдвоенной печи. Такая компоновка оборудования обеспечит устойчивость производственных мощностей предприятия. Кроме того, для обеспечения норм по выбросам вредных веществ запланирована установка системы очистки газов. Поскольку выбранное оборудование обладает высокой номинальной мощностью, то необходимо предусмотреть и строительство подстанции мощностью до 30 МВт.

Согласно выполненным оценкам, в результате переплава всей образующейся в Республике Беларусь стружки черных металлов на микро-заводе может быть достигнуто замещение импорта в следующих объемах:

- чугуна передельного в чушках в объеме от 139 тыс. т в год на сумму порядка 44 млн. долл. США, что практически полностью закроет потребности предприятий республики в передельном чугуне;
- стального лома в объеме от 18,7 тыс. т в год на сумму около 3 млн. долл. США;
- ферросплавов — около 3,8 млн. долл. США в год.

При этом суммарное замещение импорта составит около 51,5 млн. долл. США в год [3].

Предложенный вариант строительства микро-завода по переплавке стружки черных металлов может быть дополнен литейно-прокатным агрегатом, ориентированным на выпуск стального проката, а также агрегатами типа ROMELT [4], MIDREX, OxICAP, что позволит в дальнейшем организовать углубленную переработку стружки черных металлов (сортовой прокат), который сегодня импортируется в Республику Беларусь и вообще не производится на РУП «БМЗ».

В настоящее время имеется положительный опыт проектирования и строительства микро-заводов в СНГ. В 2003–2004 гг. ВНИИМетмаш разработал и приступил к реализации 19 таких проектов по строительству литейно-прокатных модулей и производств с объемом производства от 10 до 200 тыс. т в год. В августе 2005 г. начато строительство микро-завода в Узбекистане.

Таким образом, на основании приведенных выше данных можно сделать вывод о том, что в условиях Республики Беларусь существуют два наиболее эффективных варианта переработки стружки черных металлов.

1. Переплав стружки на существующих мощностях по выплавке чугуна и стали. Для этого необходимо закупить оборудование по холодному брикетированию стальной углеродистой и чугуновой стружки, а также создать промышленную установку по горячему брикетированию стальной легированной стружки.

У данного варианта несколько недостатков: убыточность процесса брикетирования стружки для предприятия, не использующего брикет в собственном производстве; высокий угар стружки даже в виде брикетов и соответственно потери уже более дорогого сырья; необходимость модернизации систем газоочистки предприятий, которые будут использовать холоднопрессованный брикет.

2. Более перспективным вариантом является создание одного либо нескольких микро-заводов по переплаву стружки и изготовлению импортозамещающей продукции. Основные достоинства данного варианта: производственная гибкость таких заводов — можно производить либо продукцию минимальных переделов (передельный чугун и литейно-шихтовые слитки), либо продукцию глубоких переделов (сортовой прокат, сварочную проволоку и т.д.); низкий угар стружки — не более 5 %, чем обеспечивается сохранность стратегически важного для Республики Беларусь сырья. Недостатком этого варианта являются высокие капитальные затраты. Однако важное достоинство данного варианта — возможность рассредоточения производственных мощностей в нескольких местах — вблизи источников образования стружки черных металлов.

### Литература

1. Фонтана П., Дегель Р. Безотходное производство стали // МРТ. 2002. № 23. С. 46–55.
2. Тимошпольский В.И., Стеблов А.Б., Грибановский Н.Г. Инновационные особенности металлургических микро-заводов // Наука и инновации. 2004. № 11. С. 42–49.
3. Тимошпольский В.И., Герман М.Л., Стеблов А.Б., Кукуй Д.М. Перспективы использования и переработки стружки черных металлов // Наука и инновации. 2006. № 1. С. 33–41.
4. Роменец В.А. Процесс РОМЕЛТ — производство металла внедомным и бескоксовым способом в черной металлургии // Сб. РАЕН «Фундаментальные проблемы Российской металлургии на пороге XXI века». М., 1998. Т. 1. С. 308–350.