



ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИДКОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

В. Н. Костяков, Е. Б. Полетаев, Г. М. Григоренко,
В. Н. Филозоф, Е. А. Шевчук

Изложены результаты исследования влияния содержания оксидных материалов в шихте на экономические показатели плавки. Аналитически доказано, что основным фактором, влияющим на дополнительные затраты при жидкофазном восстановлении, является содержание оксидов металлов в шихте.

Results of investigation of effect of content of oxide materials in charge on economic characteristics of melting are described. It is shown analytically that the main factor, having an influence on extra expenses in liquid-phase reduction, is the content of oxides of metals in the charge.

Ключевые слова: плавка; жидкофазное восстановление; оксид металла; лом; шихта; печь; затраты

В последние годы интенсивно ведутся работы по изучению особенностей жидкофазного восстановления и выявлению технологических возможностей ее широкого применения при производстве металлопродукции в металлургии и машиностроении [1–3]. Цель настоящей работы — изучить особенности физико-химических процессов, протекающих в жидкой ванне, и выявить основные технологические факторы, оказывающие решающее влияние на экономические показатели процесса плавки. Особенность жидкофазного восстановления состоит в том, что в качестве шихты при плавке металла взамен лома используют оксидосодержащие материалы (первородное сырье, металлургические шламы и шлаки, окалину и др.), их повышенное содержание в шихте снижает затраты на шихтовые материалы, стоимость которых существенно влияет на себестоимость изготавливаемой продукции, что создает предпосылки для полного исключения из шихты дорогостоящего дефицитного лома.

Однако замена лома оксидными материалами приводит к дополнительным затратам на энергоносители для восстановления оксидов металлов [4].

При этом суммарные затраты на выплавку металла зависят от содержания отходов в шихте, расходов восстановителя и энергии на восстановление оксидов металлов.

Исходя из этого дополнительные затраты при жидкофазном восстановлении можно представить в виде выражения

$$Z_d = G_{\text{л}} \left[C_{\text{л}} \left(\frac{G_{\text{л}} - G_{\text{о}}}{G_{\text{л}}} \right) + C_{\text{о}} \frac{G_{\text{о}}}{G_{\text{л}}} + G_{\text{в}} \frac{G_{\text{в}}}{G_{\text{л}}} C_{\text{э}} \left(1 + q\varphi \frac{G_{\text{о}}}{G_{\text{л}}} \right) \right] \quad (1)$$

или

$$Z_d = G_{\text{л}} (C_{\text{л}}n + C_{\text{о}}k + mC_{\text{в}} + bC_{\text{э}}) \quad (2)$$

где $G_{\text{л}}$, $G_{\text{о}}$ и $G_{\text{в}}$ — содержание соответственно лома, отходов и восстановителя в шихте; $C_{\text{л}}$, $C_{\text{о}}$, $C_{\text{в}}$ и $C_{\text{э}}$ — стоимость соответственно лома, отходов, восстановителя и энергоносителей; q — удельные затраты энергии на восстановление оксидов металлов; φ — степень восстановления металлов; $n = G_{\text{л}} - G_{\text{о}} / G_{\text{л}}$ — коэффициент расхода лома; $k = G_{\text{о}} / G_{\text{л}}$ — коэффициент расхода отходов; $m = G_{\text{в}} / G_{\text{л}}$ — коэффициент расхода углерода; $b = \left(1 + q\varphi \frac{G_{\text{о}}}{G_{\text{л}}} \right)$ — коэффициент энергозатрат.

Анализ составляющих затрат в приведенном выражении показал, что дополнительные расходы зависят главным образом от содержания отходов в шихте.

С одной стороны, увеличение содержания отходов в шихте приводит к уменьшению затрат энергии, а с другой, требует дополнительных расходов на восстановитель и энергию на восстановление оксидов металлов. Оценить преобладающее влияние отдельных составляющих затрат на дополнительные затраты при жидкофазном восстановлении и затраты на плавку в целом возможно только в условиях конкретного производства.

На примере железосодержащих отходов рассмотрим влияние технологических факторов на экономические показатели жидкофазного восстановления.

На рис. 1 показана зависимость коэффициента расхода отходов от содержания лома в шихте.

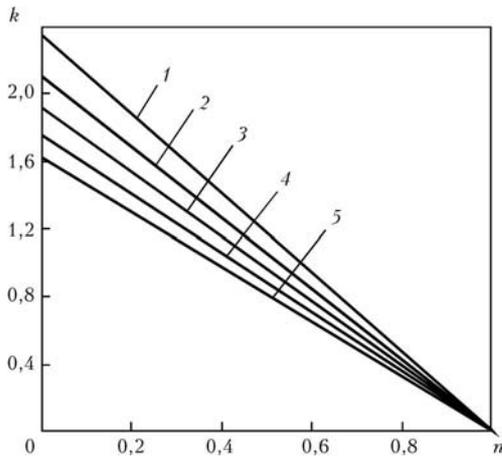


Рис. 1. Зависимость коэффициента k расхода отходов (железо-содержащих материалов) от коэффициента n расхода лома: 1 — 45; 2 — 50; 3 — 55; 4 — 60; 5 — 65 % $Fe_{общ}$

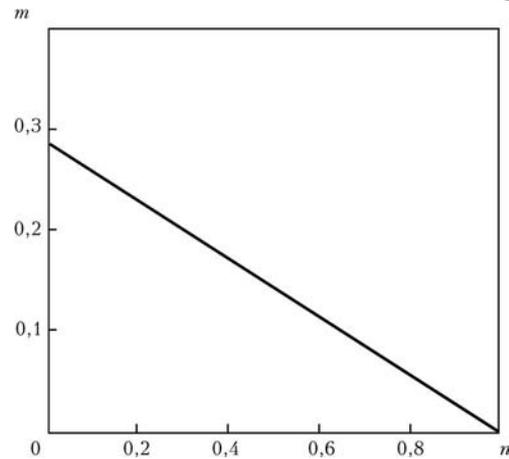


Рис. 2. Зависимость коэффициента m расхода углерода от коэффициента n расхода лома

Из рассмотрения приведенных данных видно, что с уменьшением общего содержания железа $Fe_{общ}$ в отходах коэффициент расхода отходов возрастает. Так, при коэффициенте расхода лома $n = 0,5$ коэффициент расхода отходов с содержанием железа 45 мас. % составляет 1,18, а при 65 мас. % $Fe_{общ}$ он равен 0,80.

Влияние содержания отходов в шихте на коэффициент расхода углерода, необходимого для восстановления оксидов железа, представлено на рис. 2.

Анализ этих данных показал, что с уменьшением содержания лома в шихте коэффициент расхода углерода возрастает и достигает максимального значения при полной замене лома отходами. Это приводит к увеличению содержания углерода (коксовый орех, антрацит и др.) в шихте, что обуславливает увеличение стоимости шихтовых материалов, и, как следствие, себестоимости выплавленного металла.

Известно, что на восстановление оксидов металлов при плавке затрачивается значительная энергия [4]. Так, например, для восстановления оксида железа Fe_2O_3 необходимо затратить 0,856 кВт·ч/кг энергии. Такие высокие удельные затраты существенно влияют на затраты энергии при указанном процессе.

На рис. 3 показано влияние содержания лома в шихте на затраты энергии при жидкофазном восстановлении. Из этих данных следует, что на затраты энергии при этом значительное влияние оказывает содержание отходов в шихте. С их увеличением они возрастают. При содержании в шихте 100 % отходов затраты энергии по сравнению с обычной дуговой плавкой на ломе возрастают примерно в 4 раза.

Как правило, жидкофазное восстановление ведется на жидком болоте, для чего используют 20... 30 % лома металлозавалки. При таком режиме плавки затраты энергии будут в 3,25... 3,50 раза выше по сравнению с обычной дуговой плавкой.

Оценка составляющих в выражении (1) показывает, что наибольшее влияние на затраты энергии при жидкофазном восстановлении оказывает стоимость энергоносителей и шихты. Выполненные расчеты позволили установить, что дополнительные затраты на энергоносители несущественно влияют

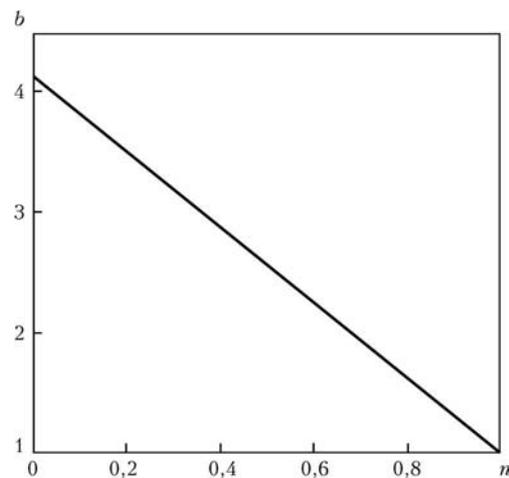


Рис. 3. Зависимость коэффициента b затраты энергии от коэффициента n расхода лома

на увеличение общих затрат на выплавку металла по сравнению с плавкой лома.

Таким образом, данные аналитических исследований показали, что применение жидкофазного восстановления при выплавке металла экономически оправдано. Замена дефицитного лома железорудными материалами (рудным сырьем, металлургическим шламом, окалиной и др.) практически не увеличивает затраты на выплавку металла в дуговой печи, но повышает качество металла за счет уменьшения содержания примесей цветных металлов (хрома, молибдена, свинца, меди и др.).

1. Роменец В. А., Вегман Е. Р., Соскир Н. Ф. Процесс жидкофазного восстановления железа: разработка и реализация // Изв. вузов. Черн. металлургия. — 1993. — № 7. — С. 9–19.
2. Ланухов Г. А. Утилизация электросталеплавильной пыли с использованием жидкофазного восстановления // Электрометаллургия. — 1998. — № 5/6. — С. 55–56.
3. Костяков В. Н., Полетаев Е. Б., Медведь С. Н. Технология получения шихтовой заготовки из оксидосодержащих материалов в дуговой печи // Там же. — 2005. — № 11. — С. 28–32.
4. Энергоемкость жидкофазной восстановительной плавки // В. Н. Костяков, Г. М. Григоренко, Е. Б. Полетаев и др. // Современ. электрометаллургия. — 2006. — № 3. — С. 54–56.