

О принципах оптимизации режима ведения плавки по прибыли предприятия

Храпко С.А., Старосоцкий А.В. (ДонНТУ, «НПП ОРАКУЛ», г. Донецк)

Часто для анализа зависимости прибыли от объема производства (или производительности печи) используют следующие рассуждения. Затраты завода на производство продукции составляют:

$$Z = S \cdot G, \quad (1)$$

где S – затраты на основные материалы и энергоносители на тонну готовой продукции \$/т; G – масса произведенного металла, тонн в год.

Выручка завода от продажи металла:

$$Y = C \cdot G, \quad (2)$$

где C – цена продукции, \$/т.

В результате получают следующую формулу для годовой прибыли завода:

$$\Pi = Y - Z - Z_t = (C - S)G - Z_t, \quad (3)$$

где Z_t – условно-постоянные расходы (зарплата, налоги, аренда и т.п.), \$/год.

Из формулы делают вывод, что при производительности менее $Z_t/(C-S)$ производство становится убыточным, а повышение производительности всегда однозначно приводит к повышению прибыли.

В этих рассуждениях имеется один недостаток: считается, что при повышении производительности печи все исходные данные (а именно, расходные коэффициенты) остаются неизменными. Такая ситуация соответствует «экстенсивному» пути повышения производительности (увеличение количества печей, их емкости и т.д.). Если же рассматривается способ повышения производительности печи за счет интенсификации технологии плавки (в частности, вдувания кислорода), то необходимо учитывать, что в этом случае уменьшается не только продолжительность плавки, но и масса жидкого полупродукта на выпуске (за счет повышенного угара железа). При этом затраты на основные материалы и энергоносители на 1 плавку практически не изменяются, что эквивалентно росту всех расходных коэффициентов на 1 тонну жидкого металла. Таким образом, формула (1) перестает отражать зависимость затрат от массы металла на выпуске и необходимо считать величину затрат постоянной для каждой плавки. Другими словами, если в печь загрузили металлолом определенной стоимости, то последняя никак не зависит от результатов плавки – хоть 10% металла перейдет в шлак, хоть 50%.

Проанализируем зависимость прибыли в единицу времени от интенсивности вдувания кислорода в ДСП с учетом того, что при повышении интенсивности вдувания кислорода продолжительность плавки снижается, однако одновременно снижается масса выпускаемого жидкого полупродукта.

Примем, что при «базовой» технологии существуют следующие параметры плавки:

Ресурс	Ед. изм.	Расход, ед./т	Цена, \$/ед.	Итого, \$
Лом	т	1.2	50	60
Электроэнергия	кВт·ч	400	0.03	12
Электроды	т	0.003	3000	9
Известь	т	0.05	50	2.5
Природный газ	м ³	10	0.05	0.5
Итого				S=84

При массе выпуска $M = 125$ т (в «базовом» варианте) затраты на основные материалы и энергоносители на 1 плавку составят

$$Z_0 = S \cdot M = 10500 \text{ \$}. \quad (4)$$

Произведем оценку снижения массы плавки за счет повышенного «угара» железа при сокращении продолжительности плавки за счет дополнительного тепла химических реакций. Общий расход тепла на выплавку 1 тонны металла составляют ориентировочно 540 кВт·ч/т или 1944 МДж/т. Для снижения продолжительности плавки с 60 минут до 59 минут необходимо ввести $1944/60=32.4$ МДж/т тепла за счет окисления железа кислородом продувки. Реакция окисления железа газообразным кислородом имеет тепловой эффект не более 5.9 МДж/кг железа. Следовательно, дополнительный «угар» железа составит минимум 5.5 кг/т (на каждую минуту сокращения продолжительности плавки). При средней массе плавки 125 т снижение массы выпускаемого металла составит 0.686 т.

«Сравнительный» вариант отличается от «базового» лишь меньшей массой выпущенного металла и продолжительностью плавки, все остальные показатели также считаются неизменными:

Ø условно-постоянные расходы $Z_t = 12$ млн. \$/год;

Ø цена жидкого полупродукта (цена заготовки минус затраты на легирование, прокатку, разливку, транспортировку и т.д.) $C = 105$ \$/т;

Ø время работы печи за год $T = 8000$ час.

Изменение показателей при повышении интенсивности продувки приведены в таблице:

№	Наименование показателя	«Базовый» вариант	«Сравнительный» вариант	Изменение показателя
1.	длительность плавки t , час	1(60 мин)	0.98 (59 мин)	-1 мин
2.	масса выпуска M , т	125	124.32	-0.68
3.	производительность печи $Q = M/t$, т/час	125	126.43	+1.43
4.	Число плавов за год $N = T/t$	8000	8135	+135
5.	удельные затраты на основные материалы и энергоносители Z_0/M , \$/т	84	84.46	+0.46
6.	объем годового производства $G = Q \cdot T$, тыс. т	1000	1011.41	+11.41
7.	общие затраты за год $Z = Z_0 \cdot N$, тыс. \$	84 000	85 424	+1 424
8.	выручка завода за год $Y = G \cdot C$, тыс. \$	105 000	106 199	+1 199
9.	Прибыль за год $\Pi = Y - Z - Z_t$, тыс. \$	9000	8 775	-225
10.	Прибыль на одной плавке Π/N , \$	1125.00	1078.60	-46.40
11.	Прибыль в единицу времени Π/T , \$/час	1125.00	1096.88	-28.12

Таким образом, рассмотренный «сравнительный» вариант невыгоден, несмотря на повышение производительности производства.

Подстановка приведенных выражений в формулу (3) дает следующий вид зависимости прибыли за год от продолжительности плавки:

$$\Pi = T \frac{C \cdot M - Z_0}{t} - Z_t. \quad (5)$$

Для анализа формулы (5) вычислим производную

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{C \frac{dM}{dt} t - (CM - Z_0)}{t^2} = \frac{C \left(t \frac{dM}{dt} - M \right) + Z_0}{t^2}. \quad (6)$$

Снижение продолжительности плавки приводит к повышению прибыли ($d\Pi/dt < 0$), если

$$C \left(t \frac{dM}{dt} - M \right) + Z_0 < 0, \quad (7)$$

т.е.

$$\frac{dM}{dt} < \frac{M - Z_0/C}{t} \approx Q \left(1 - \frac{S}{C} \right). \quad (8)$$

Если воспользоваться приведенными выше «базовыми» показателями, то выгодность интенсификации плавки за счет вдувания кислорода определяется выражением

$$\frac{dM}{dt} < 25 \text{ т/час (0.43 т/мин)}, \quad (9)$$

т.е. сокращение продолжительности плавки на 1 минуту должно приводить к снижению массы металла не более, чем на 0.43 т. Если масса металла снижается больше, чем на 0.43 т (0.68 т в «сравнительном» варианте), то выгоднее не увеличивать интенсивность вдувания кислорода, а наоборот, уменьшать, при этом снизится производительность, однако снижение стоимости основных материалов и энергоносителей на тонну металла будет преобладающим, что приведет к повышению прибыльности производства.

В приведенном выше тексте рассмотрены лишь общие принципы («скелет») анализа экономической «состоятельности» технологических вариантов выплавки стали. В частности, при программной реализации указанного расчета в рамках системы ОРАКУЛ дополнительно могут быть учтены и другие факторы, сопутствующие повышению интенсивности использования кислородной продувки (хотя и влияющие на экономическую эффективность технологии в меньшей степени):

- Ø снижение расхода электроэнергии за счет дополнительного тепла химических реакций;
- Ø повышение расхода электродов за счет более интенсивного окисления кислородом;
- Ø стоимость кислорода;
- Ø увеличение расхода раскислителей и угара легирующих при легировании на выпуске полупродукта в ковш;

Кроме того, при выборе вариантов технологии выплавки металла необходимо учитывать следующие факторы:

- Ø технические возможности устройств для ввода кислорода в металл;
- Ø наличие резервов для интенсификации получения газообразного кислорода;
- Ø ухудшение условий работы футеровки, газоочистки и т.д.

Выводы.

1. Тезис о том, что повышение производительности (объема производства) всегда приводит к повышению прибыли в общем случае неверен. Он справедлив только в том случае, если расходные коэффициенты основных материалов и энергоносителей на единицу продукции сохраняются неизменными (или изменяются незначительно).
2. Повышение производительности печи за счет изменения технологии выплавки полупродукта всегда ведут к изменению расходных коэффициентов, поэтому необходим более глубокий анализ «выгодности» тех или иных изменений технологии (повышается ли в результате прибыль завода, а не объем производства стали).
3. Все возможные варианты технологии выплавки стали «просчитываются на столе» при помощи системы ОРАКУЛ, которая позволяет выбрать оптимальный способ ведения каждой конкретной плавки с учетом «сегодняшних» экономических условий и указанных выше дополнительных факторов.