

— при электромагнитном перемешивании металла поверхностные его слои практически не вовлекаются в перемешивание, что практически исключает эффективную десульфурацию стали синтетическим шлаком; между тем в случае вакуумирования стали дополнительное перемешивание достигается за счет всплывающих пузырьков СО, что обеспечивает интенсивное протекание процесса десульфурации;

— интенсивность перемешивания металла инертным газом примерно на 20–30% выше, чем при электромагнитном перемешивании в достаточно широком диапазоне величин мощности перемешивания; вместе с тем оба метода обеспечивают необходимую интенсивность перемешивания для реализации технологического процесса внепечной обработки;

— в случае применения электромагнитного перемешивания стойкость футеровки сталеразливочного ковша оказывается несколько выше, чем при продувке аргоном, что в совокупности с исключением необходимости установки продувочного узла в днище обеспечивает заметную экономию в удельном расходе огнеупоров.

### Список литературы

1. Минаев А.А., Смирнов А.Н. Тенденции развития концепции металлургических мини-заводов и комплексов / Наукові праці ДонДТУ. Металургія. Вип.31. — Донецьк, ДонГТУ, 2001. — С. 8–19.
2. Berg B., Carlsson G., Bramming M. Ladle Metallurgy — Influence of Different Stirring Methods / Scandinavian Journal of Metallurgy, 1985. — Nj 14. — P. 299–305.
3. Смирнов А.Н., Минц А.Я., Гиниятуллин Р.В. Исследование износа футеровки агрегата ковш-печь в условиях современного металлургического мини-завода / Черная металлургия. Бюл. Ин-та «Черметинформация», 2001. — Вып. 10. — С. 40–47.

© Смирнов А.Н., Цупрун А.Ю., Пимоненко В.А., Панов В.В., 2002

БЕЛОСВЕТОВ В.В., МИТЬЕВ А.П., КОЗАЧЕК В.В. (ДонНТУ)

### ВЕЛИЧИНА КОЭФФИЦИЕНТА НАКОПЛЕНИЯ ЗАПАСА ПРОВОЛОКИ И ЕГО ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

*Коэффициент накопления запаса проволоки приобретает физический смысл и становится управляющим параметром процесса многократного волочения если он рассчитывается по формуле авторов, учитывающий поле допусков на готовую продукцию.*

Известно, что для уменьшения скручивания проволоки на станах магазинного типа значение коэффициента вытяжек по переходам должно быть равно  $\mu = c\gamma$ . Здесь  $\gamma$  — кинематическая вытяжка (отношение окружных скоростей барабанов смежных блоков),  $\gamma > 1$ ;  $c$  — коэффициент накопления запаса проволоки, по [1]  $c = 1,03–1,06$ .

В работе [1] произведен качественный анализ влияния величины коэффициента накопления запаса проволоки на ход процесса. Количественных зависимостей для назначения величины  $c$  нами в технической литературе не обнаружено. Их можно получить, раскрыв физический смысл коэффициента  $c$ . Для этой цели нами рассмотрена работа стана многократного волочения с накоплением запаса проволоки, состоящего из двух блоков.

Блок № 2 — предчистовой. Окружная скорость его барабана  $V_2$ , номинальный диаметр проволоки, выходящей из волоки  $B_2-d_{2\text{ном}}$ .

Блок № 1 — чистовой. Окружная скорость барабана  $V_1$ , из чистовой волоки  $B_1$  можно получить проволоку:

- минимального диаметра  $d_{1н}-\Delta^-$ ;
- номинального диаметра  $d_{1н}$ ;
- максимального диаметра  $d_{1н}+\Delta^+$ ,

где  $\Delta^+$ ,  $\Delta^-$  — соответственно плюсовой и минусовой допуски на готовую продукцию.

Аргументация наших выводов следующая.

Всякий непрерывный процесс ОМД может быть реализован, если выполняется условие постоянства секундных объемов:

$$F_i \cdot V_i = \text{const}.$$

Для условия волочения круглой проволоки:

$$d_i^2 \cdot V_i = \text{const}.$$

При постоянной скорости вращения тянущих барабанов непрерывный процесс волочения не может продолжаться долго вследствие непредсказуемого износа волоки, т.е. идеальный непрерывный процесс волочения нетехнологичен.

Длительно протекающий процесс многократного волочения можно организовать, обеспечив в начальной его стадии выполнения условия

$$d_2^2 \cdot V_2 > d_1^2 \cdot V_1, \quad (1)$$

или

$$d_2^2 \cdot V_2 = C \cdot d_1^2 \cdot V_1, \quad (2)$$

при  $C > 1$ .

Выражения (1) и (2) отражают накопление запаса металла на барабане  $B_2$  для первого (чистового) волочильного блока. Величина запаса металла определяется величиной  $C$ .

Поскольку  $V_1 > V_2$ , то износ чистовой волоки  $B_1$ , при прочих равных условиях, будет более интенсивным, чем предчистовой волоки  $B_2$ , т.е. будет увеличиваться  $d_1$ . Вследствие этого, со временем, неравенство (1) превратится в равенство:

$$d_2^2 \cdot V_2 = d_1^2 \cdot V_1. \quad (3)$$

Запас металла на барабане  $B_2$  исчерпается, если коэффициент накопления запаса металла станет равным  $C=1$ .

При этом процесс многократного волочения будет протекать в режиме идеального непрерывного процесса. Дальнейшее увеличение  $d_1$  и  $F_1$  приведет к обрыву проволоки. Это состояние записывается так:

$$d_2^2 \cdot V_2 < d_1^2 \cdot V_1. \quad (4)$$

Из вышеизложенного можно заключить, что длительный процесс многократного волочения должен начинаться при условии (1), а заканчиваться, естественно, обрывом проволоки при переходе процесса к условию (4) — т.е., как только войдем в режим (4), — проволока должна рваться.

На всю продукцию процессов ОМД существуют стандарты, предусматривающие ее выпуск в пределах плюсового и минусового допусков.

В связи с этим логично организовать процесс волочения, обеспечивающий в начальной стадии выпуск готовой проволоки с минусовым допуском, т.е. получать:  $d_{1\text{мин}} = d_{1н} - \Delta^-$  и за счет этого обеспечить выполнение условия:  $d_{2н}^2 \cdot V_2 = C \cdot d_{1\text{мин}}^2 \cdot V_1$  при  $C > 1$ , откуда:

$$C = \frac{d_{2н}^2 \cdot V_2}{d_{1\text{мин}}^2 \cdot V_1}. \quad (5)$$

При достижении проволокой за счет износа чистой волоки  $V_1$  плюсового допуска, т.е. как только начнем получать  $d_{1\text{макс}} = d_{1н} + \Delta^+$  выйдем на режим

$$d_{2н}^2 \cdot V_2 = C \cdot d_{1\text{макс}}^2 \cdot V_1 \text{ при } C=1. \quad (6)$$

При этом процесс должен быть остановлен, так как дальше будет получена проволока, не соответствующая по размерам требованиям стандарта (брак).

Из (7)

$$V_2/V_1 = d_{1\text{макс}}^2 / d_{2н}^2.$$

Подставив  $V_2/V_1$  в выражение (5) получим зависимость для расчета величины коэффициента накопления запаса проволоки:

$$C = (d_{1н} + \Delta^+)^2 / (d_{1н} - \Delta^-)^2. \quad (7)$$

Таким образом:

1. Из выражения (7) следует физическая сущность коэффициента накопления запаса — это коэффициент, рассчитанный с учетом поля допусков на готовую проволоку и обеспечивающий ее обрыв при малейших признаках брака, что четко определяет его численное значение для конкретных условий волочения.

2. Определив величину  $C$  и зная скорости вращения тянущих барабанов, можно рассчитать маршрут волочения по следующему алгоритму:

1.  $C$  — по (8);

2.  $\gamma = V_1/V_2$ ;

3.  $\mu_1 = C\gamma$ ;

4.  $d_{2н} = \sqrt{\mu_1 \cdot d_{1н}^2}$ ;

5.  $\gamma_2 = V_2/V_3$ ;

6.  $\mu_2 = C\gamma_2$ ;

7.  $d_{3н} = \sqrt{\mu_2 \cdot d_{2н}^2}$ ;

и т.д. независимо от кратности стана.

### Список литературы

1. Коковихин Ю.И. Технология сталепроволочного производства. — К.: Техніка, 1995. — 608 с.

© Белосветов В.В., Митьев А.П., Козачек В.В., 2002