

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОКАТКИ ТОЛСТОЛИСТОВОЙ СТАЛИ МАРКИ 10Г2СФБ

*Герасимова А.А., Валеева Л.М.*

**Ключевые слова:** технология, температура, прокатка, проход, сляб.

**Аннотация.** Рассмотрена работа толстолистого стана 5000 на ОАО «ВМЗ». Основываясь на возможностях оборудования Выксунского металлургического завода, была разработана технологическая схема производства толстых листов стали, класса прочности К60 марки 10Г2СФБ для хладостойких труб большого диаметра и был выбран оптимальный температурный режим прокатки по проходам.

## DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SCHEME FOR ROLLING 10G2SFB THICK SHEET STEEL

*Gerasimova A.A., Valeeva L.M.*

**Keywords:** technology, temperature, rolling, passage, slab.

**Abstract.** The work of the thick-sheet mill 5000 at AO "VMZ" is considered. Based on the capabilities of the equipment of the Vyksa metallurgical plant, a technological scheme for the production of thick sheets of steel, strength class K60 of the 10G2SFB brand for cold-resistant pipes of large diameter was developed and the optimal temperature mode of rolling through the passages was selected.

Толстолистовой прокатный стан 5000 ОАО ВМЗ производит продукцию, как на отечественный рынок, так и на экспорт. Прокатный лист в основном предназначен для изготовления труб большого диаметра. Стан способен производить листовой прокат для изготовления труб категорий прочности К60, К65, К70 (Х70, Х80, Х100, Х120), в том числе и для труб, эксплуатируемых в сейсмоопасных участках и подводных трубопроводах [1].

Технология производства стали включает последовательное выполнение следующих операций.

1. Загрузка металлического лома в конвертер в количестве 18-22% от всей металлической шихты плавки.

2. Заливка жидкого чугуна в конвертер.

3. Продувка металла в конвертере техническим кислородом, подаваемым через фурму, с одновременной продувкой металла нейтральными газами (азотом, аргоном) через донные фурмы (ККЦ-1) и присадкой в конвертер шлакообразующих материалов.

4. Измерение температуры и отбор проб металла и шлака после окончания продувки.

5. Выпуск плавки из конвертера в сталеразливочный ковш, с присадкой науглероживателя и раскислителей (ферросплавов, обеспечивающих получение расплава с химическим составом, близким к среднему составу для данной марки стали).

6. Обработка расплава аргоном в сталеразливочном ковше (внепечная обработка) производится для усреднения и корректировки химического состава и температуры.

Весь цикл получения одной плавки жидкой стали таким способом составляет от 40 до 60 минут.

В данной работе для производства хладостойких газопроводных труб большого диаметра использовали сталь марки 10Г2СФБ. На основании традиционной технологии прокатка толстых листов из углеродистых низколегированных сталей заканчивается в аустенитной области, однако по мере внедрения технологии контролируемой прокатки микролегированных сталей появилась возможность снижать температуру нагрева до 1150-1180°C. Кроме того, понижение температуры нагрева способствует снижению угара металла в печи [2,3].

Исходя из вышеизложенного, принимаем температуру нагрева сляба под прокатку 1180°C.

Сталь, используемая при расчете 10Г2СФБ; класс прочности К60; в качестве схемы прокатки выбрана поперечная прокатка. Геометрические размеры готового листа:

- толщина листа – 23 мм;
- ширина листа – 4500 мм;
- длина – 20060 мм;
- масса (в обрезанном состоянии) – 17,0 т.

Массу сляба определяют из соотношения:

$$G_{\text{сл}} = K_{\text{ф}} \cdot G_{\text{г.л.}}$$

где  $K_{\text{ф}}$  – расходный коэффициент;  $G_{\text{г.л.}}$  – масса готового листа, т.

$$G_{\text{сл}} = 1,099 \cdot 17,0 = 18,7.$$

По полученным данным отечественных и зарубежных предприятий для изготовления листов заданной толщины используются непрерывно литые слябы толщиной не менее 250 мм. В качестве исходной заготовки используем сляб 310×2100×3170 мм.

Процесс контролируемой прокатки состоит из двух стадий – черновой (при которой в результате деформации и рекристаллизации получают мелкое равномерное зерно аустенита) и чистовой (при которой происходит наклеп аустенита и его превращение в мелкозернистый феррит). Рекомендуемые температурные интервалы прокатки, стали класса прочности К60 приведены в таблице 1.

Табл. 1. Рекомендованные температурные интервалы прокатки

Температура нагрева прокатки, °С	Температура конца черновой стадии, °С	Температура начала чистовой стадии, °С	Температура конца прокатки, °С
1150-1180	1150- 1180	820-850	780-800

Расчет изменения температуры производится поэтапно, отдельно для каждой толщины.

Температура перед каждым проходом рассчитывается по формуле Г.П. Иванцова [4]:

$$T_i = \frac{100}{\sqrt[3]{\frac{1000}{\left(\frac{T_{i-1}}{100}\right)^3} + \frac{0,055 \cdot \tau_{i-1}}{h_{i-1}}}} - 273,$$

где  $T_{i-1}$  – абсолютная температура, °К.

Температура перед первым проходом определяется исходя из температуры нагрева под прокатку и времени транспортировки сляба до клетки, она рассчитывается по формуле:

$$\tau_0 = \frac{L_0}{v} + \tau_n,$$

где  $L_0$  – длина рольганга между печами и клетью,  $L_0 = 105$  м;

$v$  – скорость движения рольганга,  $v = 2$  м/с;

$\tau_n$  – время паузы перед клетью,  $\tau_n = 2$  с.

Время транспортировки сляба от печи до клетки:

$$\tau_0 = \frac{105}{2} + 2 = 54,5 \text{ с.}$$

Температуру будем определять в момент нахождения половины длины раската в месте выхода металла из валков:

$$\tau_1 = \tau_0 + \tau'_1, \quad \tau'_1 = l_{i-1}/2v_{i-1},$$

$$\tau_1 = 54,5 + \frac{2,82}{2 \cdot 1,9} = 55,3 \text{ с.}$$

Определяем температуру в первом проходе:

$$T_1 = \frac{100}{\sqrt[3]{\frac{1000}{\left(\frac{1423}{100}\right)^3} + \frac{0,055 \cdot 55,3}{250}}} - 273 = 1150,3^\circ\text{C.}$$

Время в последующих проходах рассчитывается по формуле:

$$\tau_i = \tau'_i + \tau''_i + \tau_n + \tau_k,$$

где  $\tau'_i = l_{i-1}/2v_{i-1}$ ;  $\tau''_i = l_i/2v_i$ ;

$\tau_n$  – время паузы (для ТЛС 5000  $\tau_n \approx 4$  с);

$\tau_k$  – время кантовки (для ТЛС 5000  $\tau_k \approx 13-15$  с).

Определяем время в последующих проходах:

$$\tau'_2 = 3,287/2 \cdot 1,9 = 0,8 \text{ с}; \quad \tau''_2 = 3,858/2 \cdot 2,2 = 0,9 \text{ с}; \quad \tau_n = 4 \text{ с};$$

$$\tau = 0,8 + 0,9 + 4 = 5,7 \text{ с.}$$

Определяем температуру во втором проходе:

$$T_2 = \frac{100}{\sqrt[3]{\frac{1000}{\left(\frac{1394}{100}\right)^3 + \frac{0,055 \cdot 5,7}{182,8}}} - 273 = 1123,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Аналогично рассчитываем температуру в последующих проходах. График распределения температуры по проходам представлен на рисунке 1.

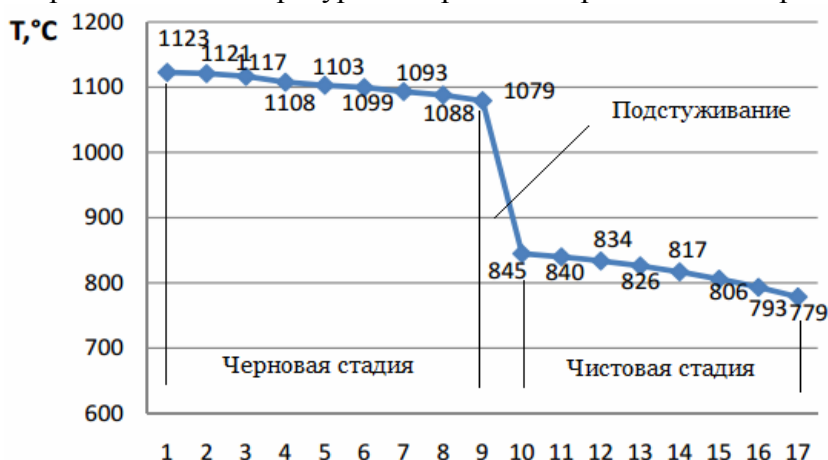


Рис. 1. График распределения температуры прокатки по проходам

В данной работе была рассмотрена работа толстолистового стана 5000 на ОАО «ВМЗ». Основываясь на возможностях оборудования Выксунского металлургического завода, была разработана технологическая схема производства толстых листов стали, класса прочности К60 марки 10Г2СФБ для хладостойких труб большого диаметра и был выбран оптимальный температурный режим прокатки по проходам, что способствует снижению угара металла в печи.

### Список литературы

1. Техническая документация стана 5000, ОАО «ВМЗ».
2. Герасимова А.А. Исследование закономерностей пластического деформирования полых стальных профилей сжатием // Computational nanotechnology. 2019. №3. С. 22-26.
3. Gerasimova A.A., Devyatiarova V.V., Kondratenko V.E. Method of steel protection while hot-forming // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2018. – Issue 10-1. – P. 17-21.
4. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки. Справочник. –М.: Металлургия, 1986. – 428с.

### References

1. Technical documentation of mill 5000, Vyksa steel works.

2. Gerasimova A.A. Investigation of regularities of plastic deformation of hollow steel profiles by compression // Computational nanotechnology. 2019. No. 3. P. 22-26.
3. Gerasimova A.A., Devyatiarova V.V., Kondratenko V.E. Method of steel protection while hot-forming // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2018. – Issue 10-1. – P. 17-21.
4. Konovalov Yu.V., Ostapenko A.L., Ponomarev V.I. Calculation of sheet rolling parameters. Guide. – М.: Metallurgy, 1986. – 428p.

<b>Герасимова Алла Александровна</b> – кандидат технических наук, доцент, allochka@rambler.ru	<b>Gerasimova Alla Aleksandrovna</b> – candidate of technical sciences, associate professor
<b>Валеева Лилия Масалимовна</b> – ассистент	<b>Valeeva Lilya Masalimovna</b> – assistant
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия	National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia

*Received 02.04.2020*