

Г.А. Орлов, Е.В. Орлова

Уральский федеральный университет

СОГЛАСОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ ОПРАВКИ И КАЛИБРА ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ ТРУБ

Аннотация. Рассматриваются вопросы расчета калибровки инструмента станов холодной прокатки труб. Предлагается способ расчета профиля оправки, согласованного с уже имеющимся калибром для обеспечения более рационального режима обжатий по сравнению с прокаткой на оправке с прямолинейной образующей. Предусматривается возможность использовать имеющиеся калибры для прокатки труб, например, более высокой точности, с использованием оправки, изготовленной по предлагаемой методике. Предлагаемая методика рассмотрена на примере расчета профиля оправки для калибра, ручей которого рассчитан по методике МИСиС. Предложенная методика расчета калибровки обеспечивает более равномерное распределение усилий по длине рабочего конуса, а также их снижение на 25 – 30 % и повышение точности труб по сравнению с традиционной методикой.

Ключевые слова: станы холодной прокатки труб, калибровка инструмента, способы расчета профиля оправки, точность труб.

THE COUPLING OF PROFILES OF A MANDREL AND CALIBER BY COLD ROLLING OF TUBES

Abstract. The questions of calculating the calibration of the instrument cold rolling tube mills are discussed. A method of calculating the profile of a mandrel, consistent with existing caliber to ensure a more rational regime of reduction compared with the rolling process on the mandrel with a straight generatrix is proposed. The possibility of the use of existing calipers for the rolling of pipes, for example, more precise, using a mandrel, produced by the proposed method is envisaged. The proposed method is considered on the example of calculation of the profile of the mandrel caliber, a caliper which is calculated by the method of MISIS. The proposed method of calculating the calibration ensures a more even distribution of effort on the length of the work of the cone, and their reduction by 25 – 30 % and increasing the accuracy of tubes in comparison with the traditional method.

Keywords: cold rolling of tubes, calculating of rolling tool, methods of calculating the profile of a mandrel, accuracy of tubes.

В настоящее время нашли применение оправки станов холодной прокатки труб, имеющие криволинейную вогнутую поверхность (образующую) [1, 2]. Преимущества таких оправок перед оправками с прямолинейной образующей обусловлены их переменной конусностью, обеспечивающей уменьшение длины зоны редуцирования, а уменьшение конусности оправки в конце обжимного участка повышает точность толщины стенки труб.

Обычно расчет калибровки оправки проводится совместно с калибром, а затем инструмент изготавливается в комплекте. В настоящей работе предлагается способ расчета профиля оправки, согласованного с уже имеющимся калибром для обеспечения более рационального режима обжатий по сравнению с прокаткой на оправке с прямолинейной образующей. Конструкция такой оправки защищена патентом РФ [3]. Таким образом предусматривается возможность использовать имеющиеся калибры для прокатки труб, например более высокой точности, с использованием оправки, изготовленной по предлагаемой методике.

Определим профиль оправки $d(x)$ для имеющегося калибра с образующей $D(x)$. Уравнение конусности оправки зададим в виде полинома (ось x направлена по ходу прокатки):

$$d'(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots, \quad (1)$$

где штрихом обозначена производная функции; коэффициенты a_0, a_1, a_2, \dots определим из граничных условий и условий согласования профиля оправки и ручья калибра. Последние условия могут быть сформулированы в виде:

$$d''_n(x) = D''_n(x) \text{ при } x = l_0; \quad (2)$$

$$|d'_n(x)| < |d'_p(x)| < |D'_p(x)(1 + 2k)| \text{ при } x = l_p, \quad (3)$$

где выражение (2) означает равенство конусности оправки и ручья калибра в конце обжимного участка длиной l_0 в сечении «перезжима», а (3) – условия вогнутости оправки и пересечения образующих оправки и внутренней поверхности трубы в конце зоны редуцирования длиной l_p ; k – коэффициент, связывающий утолщение стенки трубы в зоне редуцирования с обжатием по диаметру.

Функцию диаметра оправки найдем интегрированием (1):

$$d(x) = \int d'(x)dx = a_0x + \frac{a_1x^2}{2} + \frac{a_2x^3}{3} + \frac{a_3x^4}{4} + \dots + C, \quad (4)$$

где C – постоянная интегрирования; неизвестные коэффициенты определяются из граничных условий, а также условий (2), (3) и некоторых других, определяющих, например, качество труб.

Рассмотрим использование предлагаемой методики на примере расчета профиля оправки для калибра, ручей которого рассчитан по методике МИСиС [4]. Ограничимся в (1) полиномом второй степени, тогда в (4) имеем четыре неизвестных коэффициента: a_0, a_1, a_2, C .

Для их определения уточним условие (2) применительно к методике МИСиС. В этой методике функция диаметра ручья калибра $D(x) = d(x) + 2S(x)$, где изменение стенки задается экспоненциальной зависимостью

$$S(x) = S_0 \left[\frac{\mu_s - 1}{1 - e^{-n}} \left(1 - e^{-\frac{x}{l_0}} \right) + 1 \right]^{-1}$$
. Подставляя последнее равенство в предыдущее и дифференцируя, получим при $x = l_0$:

$$d'_n = -2\text{tg}\alpha - 2n \frac{S_T}{l_0} \left(\frac{\mu_s - 1}{e^n - 1} \right),$$

где $2\text{tg}\alpha$ – конусность оправки в методике МИСиС; $n = 0,64$; S_0 и S_T – исходная и конечная толщина стенки; μ_s – коэффициент вытяжки по стенке.

Далее по условию (3) назначаем величину $d'_0(x)$ при $x = 0$ (считая, что в зоне редуцирования конусность одинакова), здесь в методике МИСиС принимается $k = 0,75S_0/D_0$. Из этих условий определяем коэффициенты a_0, a_1 . Оставшиеся два коэффициента определяем из граничных условий соответствия диаметра оправки размерам заготовки с учетом зазора и готовой трубы в сечении «пережима».

Предложенная методика расчета калибровки обеспечивает более равномерное распределение усилий по длине рабочего конуса, а также их снижение на 25 – 30 % и повышение точности труб по сравнению с традиционной методикой МИСиС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миронов В.Г., Рябушкин В.И., Митберг Б.Я. и др. // Сталь. 1988. № 6. С. 60 – 62.
2. Фролов В.Ф., Данченко В.Н., Фролов Я.В. Холодная пильгерная прокатка труб. – Днепропетровск: Пороги, 2005. – 255 с.
3. Пат. 2417849 РФ. Оправка для холодной прокатки труб / Г.А.Орлов, Е.В.Орлова, Д.Ю.Чернышев. Оpubл. 10.05.2011.
4. Шевякин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб. – М.: Металлургиздат, 1963. – 269 с.

© 2013 г. Г.А. Орлов, Е.В. Орлова
Поступила 19 июля 2013 г.

УДК 622.7

Е.С. Томская

НП «Научно-образовательный центр «Инновационные горные технологии»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД*

Аннотация. Предложен способ повышения качества железорудного концентрата при обратной флотации катионным реагентом с комбинированным использованием электроимпульсной и электрохимической обработки.

Ключевые слова: железные руды, флотация, электрохимическая обработка, электроимпульсная обработка.

PROSPECTS FOR THE USE OF ELECTRO-PHYSICAL METHODS OF TREATMENT IN THE ENRICHMENT OF IRON ORES

Abstract. Proposed way to improve the quality of iron ore concentrate in reverse flotation with cationic reagent with the combined use of electric pulse and electrochemical treatments.

Keywords: iron ore, flotation, electrochemical treatment, electric pulse treatment.

Основной проблемой обогащения железных руд в настоящее время является получение высококачественных концентратов при снижении потерь железа с хвостами. Железистые кварциты Курской магнитной аномалии отличаются сложной текстурой, структу-

рой, тонкой вкрапленностью и, соответственно, трудной обогатимостью. Для наиболее полного раскрытия и обогащения таких руд требуется весьма тонкое измельчение (~90 % класса – 0,044 мм). Обогащение тонкоизмельченных железистых кварцитов возможно мокрой магнитной сепарацией и обратной флотацией катионными реагентами, но и в этом случае, из-за не-

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-05-00373-а.