

лись при раздавливании под нагрузкой 3,0...3,1 кг. Прочность гранул из охлажденных порошков составляла 2,8...3,0 кг.

На основании изложенного приняты технологические параметры гранулирования порошков сульфата аммония: влажность до 0,3...0,5 %, нагрев до 340...360 °С, прокатка полос плотностью 1,60...1,64 г/см<sup>3</sup>, дробление и отсев гранул.

### **Литература**

1. Мурадов, Г. С. Получение гранулированных удобрений прессованием / Г. С. Мурадов, П. И. Шомин. – М.: Химия, 1985. – 209 с.
2. Классен, П. В. Гранулирование / П. В. Классен, И. Г. Гришаев, И. П. Шомин. – М.: Химия, 1991. – 240 с.
3. Ложечников, Е. Б. Прокатка в порошковой металлургии / Е. Б. Ложечников. – М.: Металлургия, 1987. – 185 с.
4. Ложечников, Е. Б. Механика измельчения прокатываемых в толстом слое материалов / Е. Б. Ложечников, А. К. Гавриленя // Вестник БНТУ. – 2006. – № 6. – С. 16–21.

УДК 621.771

### **Прокатка в четырехвалковом калибре по схеме «круг-круг»**

Ложечников Е. Б., Кудин М. В.

Белорусский национальный технический университет

Изготовленные непрерывным литьем прутки латуни обладают характерной для такого способа производства макроструктурой с явно выраженными радиально ориентированными столбчатыми зернами [1]. При этом вследствие неравномерной по сечению кристаллизации, что может быть объяснено горизонтальным направлением движения образующегося в охлаждаемой полости кристаллизатора прутка, центр схождения столбчатых кристаллов смещен относительно геометрической оси прутков. Поверхность прутков загрязнена продуктами износа графитового кристаллизатора, а также встречаются открытые поверхностные макродефекты.

Для повышения прочности и твердости прутков, в значительной части используемых для изготовления газовой аппаратуры, а так же завальцовывания поверхностных дефектов и вы-

равнивания оси проведены эксперименты прокатки прутков в калибре с четырехсторонним обжатием [2, 3].

Четырехстороннее обжатие достигалось четырьмя валками с номинальным диаметром  $2R_n = 400$  мм, образующими соответствующий прокатываемому профилю калибр круглого сечения

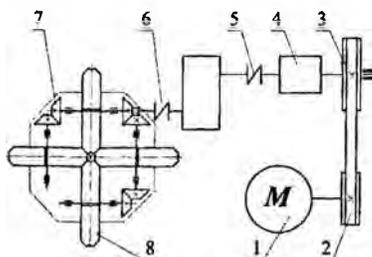


Рис. 1. Схема прокатного стана с четырехсторонним обжатием:

1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – коробка перемены передач ЗИЛ - 157; 4 – муфта; 5 – редуктор двухступенчатый; 6 – муфта; 7 – коническая зубчатая передача; 8 – валок-диск

(рис. 1).

Кинематическая схема стана приведена на рис. 1. Валки представляют собой диски посаженные через ступицы на шлицевые валы. Прокатку проводили по схеме «круг – круг» за один проход. При этом использовали два варианта калибровки валков.

В первом варианте калибр представлял круг, образованный по числу валков четырьмя дугами, соответствующими радиусу прокатанного прутка (на рис. 2,а – левая часть). Для образования между валками круглой полости – калибра между валками устанавливали эталонный настроечный пруток и их сводили до полного контакта с этим прутком. При этом за счет возможности осевого перемещения на шлицевых валах валки самоустанавливались и смыкались по фаскам

Поскольку прокатку проводили по схеме «круг – круг» контакт валков с заготовкой диаметром  $d_3$  начинался по острым кромкам  $k_1$ , образованным пересечением рабочей поверхности с фасками. При обжатии заготовки с диаметра  $d_3 = 24$  мм до  $d_n = 22$  мм наибольший катающий радиус составил  $R_k = 192$  мм, а соответствующий ему угол захвата  $\alpha_k = 6,82^\circ$ . До полного контакта рабочей части калибра с заготовкой (номинальный катающий радиус в точке  $m$   $R_m = 189$  мм, и соответствующий ему угол захвата  $\alpha_m = 5,9^\circ$ ) продольная деформация (вытяжка) практически не происходила.

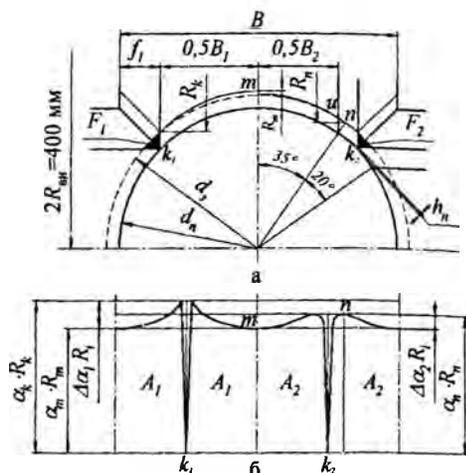


Рисунок 2 – Схема калибров «круг-круг» (а) и поверхности контакта валков с заготовкой (б) в четырехвалковом калибре

Металл при угле поворота валков  $\Delta\alpha_1 = \alpha_k - \alpha_m = 0,92^\circ$  выдавливался в радиальном направлении и отсекался острыми кромками в сужающиеся зазоры между фасками валков. Образующиеся в дальнейшем заусенцы препятствовали смыканию валков и получению прутков требуемого диаметра. При этом поверхность контакта валков с заготовкой имела вид, приведенный в левой части рис. 2,б. Для получения гладких прутков требовалась операция скальпирования или прокатки за два прохода: первый на несколько больший требуемого диаметра с образованием 4-х продольных выступов, и второй на требуемый диаметр с завальцовкой выступов.

Для исключения образования заусенцев и получения прутков за один проход изготовлены и используются валки с калибром, приведенном на рис. 2,а (правая часть). Рабочая часть калибра этих валков состоит из двух элементов: дуги, соответствующей углу  $70^\circ$  и ширине  $B_2$ , и сопрягаемых с ней двух прямых  $uk_2$ , образующих с фасками острые кромки  $k_2$ . При такой калибровке первоначальный контакт с заготовкой происходит по прямолинейным участкам профиля калибра в точке  $n$ , соответствующий катающему радиусу  $R_n = 191,4$  мм и углу захвата  $\alpha_n = 6,5^\circ$ . При

этом угол поворота валков до их полного контакта с заготовкой  $\Delta\alpha_2 = \alpha_n - \alpha_m = 0,6^\circ$ . Выдавливаемый в радиальном направлении металл за угол поворота валков на  $\Delta\alpha_2$  в дальнейшем образует выступ высотой 0,16...0,17 мм. Поверхность контакта валков с заготовкой при этом имела вид, приведенный на рис. 2,б (правая часть). Опыты прокатки проводили в холодную и с нагревом заготовок до температуры 1030 К. В результате прокатки получены гладкие, без макродефектов поверхности и без кривизны прутки со слабо выраженными продольными выступами.

В исходном состоянии, после холодной и горячей прокатки твердость по Бринеллю составляла соответственно 95; 150 и 110, временное сопротивление на разрыв (образцы стандартные,  $d = 6$  мм) 370; 500 и 400 МПа, относительное удлинение 11,6; 9,8 и 17,7 %, сужение слабо выраженной шейки 16; 19 и 28 %.

#### Литература

1. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б. А. Колачев, В. А. Ливанов, В. И. Елагин. – М.: Металлургия, 1981. – 416 с.
2. Прокатка малопластичных металлов с многосторонним обжатием / Л. А. Барков [и др.]. – Челябинск: Металлургия, 1988. – 304 с.
3. Ложечников, Е. Б. Прокатка непрерывно литых прутков латуни в четырехвалковом калибре / Ложечников Е. Б., Кудин М. В. // Прогрессивные технологии обработки материалов давлением: материалы международной научно – технической конференции. – Мн.: Технопринт, 2004. – С. 70–81.

УДК 621.77.001

#### Силовые и кинематические параметры формообразования фланцев в трубных заготовках

Исаевич Л. А., Сидоренко М. И.,  
Гуринович В. А., Шиманский А. В.

Белорусский национальный технический университет

Пластическое формообразование относительно широких фланцев в трубных заготовках проводится в большинстве случаев посредством их отбортовки, являющейся завершающей стадией процесса раздачи концов этих заготовок жестким инст-