



The article is dedicated to the actual problem of separation of bar stock into measuring slugs using the way of cross-wedge rolling. The influence of edge angle of blade disk and coefficient of contact friction on effort of bar separation is noted.

Л. А. ИСАЕВИЧ, М. И. СИДОРЕНКО, БНТУ

УДК 621.771

## УСЛОВИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРУТКОВОГО СОРТАМЕНТА НА МЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ КЛИНО-РОЛИКОВЫМИ НОЖАМИ

Применяемые в последнее время технологии холодного выдавливания, безоблойная объемная штамповка и другие требуют использования исходных заготовок с повышенными характеристиками качества, такими, как отсутствие вырывов, задиров, смятий и утяжин на торцовых и боковой поверхностях, отклонений от перпендикулярности торцов к оси заготовки.

Существующие способы разделения пруткового металлопроката резкой пилами и с помощью токарных автоматов в полной мере хоть и позволяют получать заготовки правильной геометрической формы, но отличаются низкой производительностью и значительными потерями металла в отход [1, 2]. Традиционно используемые в заготовительном производстве способы разделения на мерные заготовки прутков в штампах являются более экономичными и высокопроизводительными [3]. Однако качество получаемых при этом заготовок не отвечает высоким требованиям, предъявляемым к ним процессам холодного выдавливания и безоблойной штамповки [4].

Более прогрессивными в этом смысле являются процессы поперечно-клиновой и поперечно-винтовой прокатки [5, 6], обеспечивающие полу-

чение мерных заготовок высокого качества при минимальных энергосиловых затратах и большой производительности.

Основным исполнительным элементом при разделении прутка с помощью поперечно-клиновой прокатки служит дисковой нож 1 [7, 8] с клиновидным лезвием, посаженный с эксцентриситетом  $\Delta$  относительно осей валков 2. Пруток 3 удерживается от выталкивания из зазора между валками с помощью опор 4 (рис. 1).

Попытаемся определить глубину внедрения ножей в пруток, которая обеспечит отделение от него мерных заготовок. На рис. 2 показана схема очага деформации и действующих сил в зоне разделения прутка. Пусть  $N$  – нормальное к образующей конической поверхности усилие,  $T$  – сила трения, действующая на этой поверхности,  $P$  – результирующая этих сил.

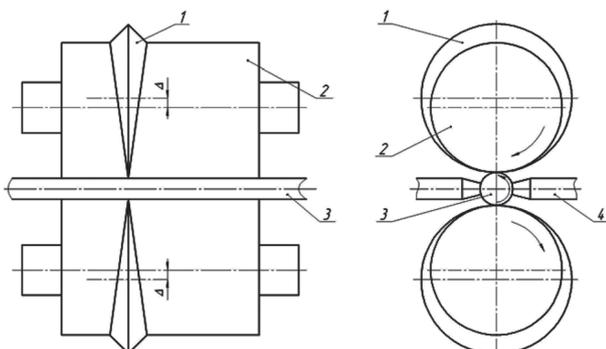


Рис. 1. Схема разделения пруткового сортамента на мерные заготовки

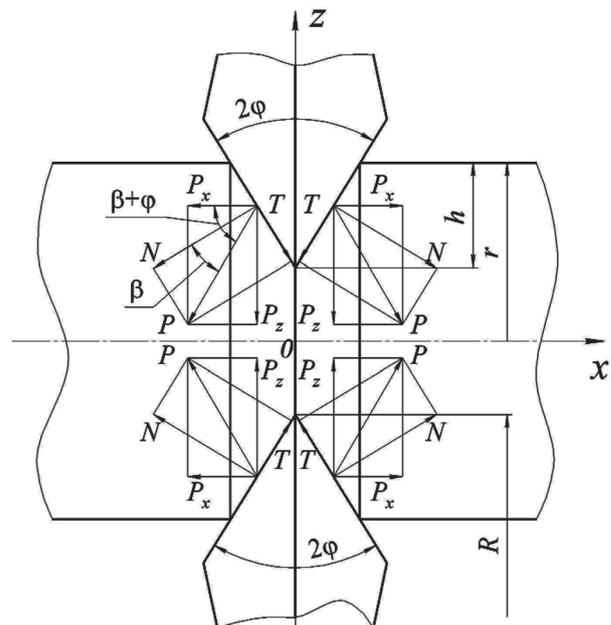


Рис. 2. Схема действующих сил в зоне разделения прутка

Примем условие трения на конической поверхности по условию Амонтона [9], т. е.  $T = fN$ , где  $f$  – коэффициент контактного трения. Тогда  $\frac{T}{N} = \operatorname{tg} \beta$ , а с учетом условия Амонтона это выражение представим как  $f = \operatorname{tg} \beta$ . Результирующая сила  $P = \frac{N}{\sin \beta}$ , а ее составляющая

$$P_x = P \cos(\beta + \varphi) = \frac{N}{\sin \beta} \cos(\beta + \varphi). \quad (1)$$

Величина составляющей

$$P_z = P \sin(\beta + \varphi) = \frac{N}{\sin \beta} \sin(\beta + \varphi). \quad (2)$$

Максимального значения  $P_x$  достигнет в момент разрушения центральной перемычки прутка в зоне кольцевой канавки, т. е. когда

$$P_x = \pi(r-h)^2 \sigma_b, \quad (3)$$

где  $\sigma_b$  – временное сопротивление разрушению материала прутка.

Это реализуется за счет давления боковых граней дискового ножа на стенки формообразуемой кольцевой канавки в разделяемом прутке. Поскольку формообразование канавки осуществляется холодным пластическим деформированием, то в этой зоне происходит упрочнение материала прутка. Поэтому в первом приближении значение среднего нормального контактного напряжения на стенках канавки можно принять равным  $\sigma_b$ .

Для определения усилия, действующего со стороны боковой грани дискового ножа на заготовку в направлении оси  $OX$ , необходимо знать проекцию площадки контакта заготовки с боковой гранью ножа на плоскость, перпендикулярную оси  $OX$ . Этой проекцией может быть часть кругового сегмента, если учесть, что  $R \gg r$  и часть дуги острой кромки ножа заменить прямой (рис. 3). Погрешность от такой замены будет минимальной. Проекцию реальной площади контакта  $F$  в первом приближении заменим половиной кругового сегмента, которую можно определить по известной формуле [10]:

$$F = \frac{1}{4} \left[ r^2 \alpha - c(r-h) \right]. \quad (4)$$

Здесь  $c = 2\sqrt{h(2r-h)}$ ;  $\alpha = 2 \arccos \frac{r-h}{r}$ . Подставляя величины  $c$  и  $\alpha$  в уравнение (4), получаем

$$F = \frac{1}{2} \left[ r^2 \arccos \frac{r-h}{r} - (r-h) \sqrt{h(2r-h)} \right].$$

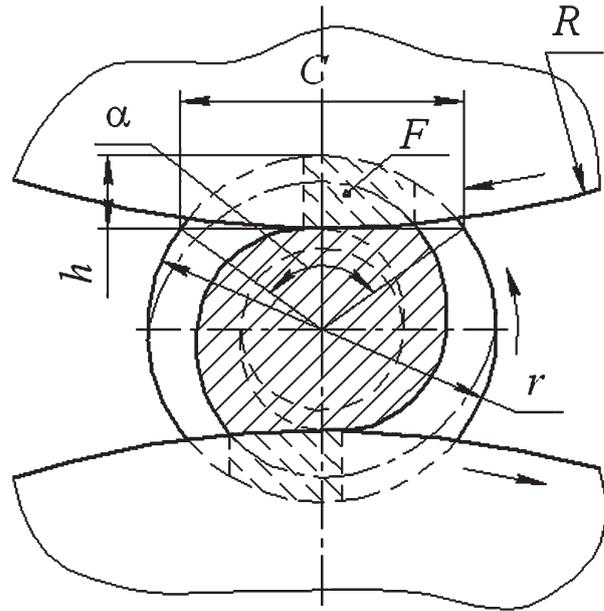


Рис. 3. Схема для определения проекции площадки контакта боковой грани ножа и заготовки

Поскольку при разделении пруткового сортамента на мерные заготовки задействованы одновременно два ножа, то суммарная площадь контакта в очаге деформации будет

$$2F = \left[ r^2 \arccos \frac{r-h}{r} - (r-h) \sqrt{h(2r-h)} \right]. \quad (5)$$

В свою очередь, используя принцип замены проекции сил деформации проекциями площадей, на которые они действуют [9], можно записать, что  $P_x = \sigma_b F$ .

В развернутом виде это легко представить как

$$P_x = \sigma_b \left[ r^2 \arccos \frac{r-h}{r} - (r-h) \sqrt{h(2r-h)} \right]. \quad (6)$$

Приравнявая выражения (3) и (6), окончательно запишем

$$\pi(r-h)^2 = r^2 \arccos \frac{r-h}{r} - (r-h) \sqrt{h(2r-h)}. \quad (7)$$

Решение данного уравнения численным методом дихотомии (половинного деления) позволило получить данные, по которым построена графическая зависимость глубины формообразуемой канавки, обеспечивающей разделение прутка на мерные заготовки, от его диаметра (рис. 4).

Из рисунка видно, что с увеличением диаметра прутка возрастает и глубина формообразуемой канавки, которая обеспечивает его разделение на мерные заготовки при воздействии клино-роликовых ножей. Кроме того, анализ полученных данных показывает, что глубина канавки несколько превышает половину радиуса разделяемого на за-

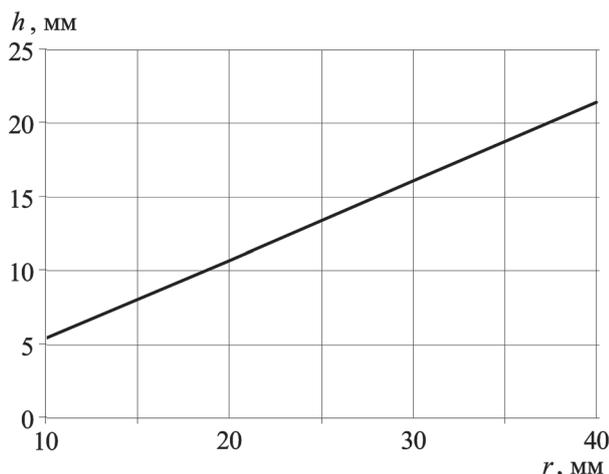


Рис. 4. Изменение глубины канавки, обеспечивающей разделение прутков разных диаметров на мерные заготовки

готовки прутка. Поэтому, на наш взгляд, целесообразно использовать предлагаемый способ разделения пруткового материала на мерные заготовки для сортамента сравнительно малого диаметра (до 40 мм).

Согласно рис. 2, распорное усилие между клино-роликовыми ножами равно  $2P_x$ , так как давление металла осуществляется одновременно на две грани ножа. В свою очередь  $P_z = P_x \operatorname{tg}(\beta + \varphi)$ . Подставив сюда значение  $P_x$  из выражения (3), получим

$$P_z = \sigma_b \pi (r - h)^2 \operatorname{tg}(\beta + \varphi). \quad (8)$$

Выражение (8) легко преобразовать и привести к виду

$$P_z = \sigma_b \pi (r - h)^2 \frac{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \varphi}.$$

Но поскольку  $\operatorname{tg} \beta = f$ , то окончательно можно записать

$$P_z = \sigma_b \pi (r - h)^2 \frac{f + \operatorname{tg} \varphi}{1 - f \operatorname{tg} \varphi}. \quad (9)$$

Анализ полученной зависимости показывает, что с увеличением коэффициента контактного трения и угла заточки клино-роликовых ножей распорное усилие между ними возрастает. Поэтому с целью снижения данного усилия следует уменьшать, по возможности, угол заточки ножей и применять технологические смазки. Это позволит снизить энергосиловые параметры процесса разделения пруткового материала на мерные заготовки.

### Выводы

Теоретический анализ процесса разделения пруткового материала на мерные заготовки с помощью клино-роликовых ножей позволил установить условие этого разделения, которое обеспечивается соответствующей глубиной пластически формируемой канавки. Показано, что глубина канавки должна быть не менее половины радиуса разделяемого прутка. Распорное усилие между клино-роликовыми ножами существенно зависит от угла их заточки и коэффициента контактного трения. С уменьшением указанных параметров снижается и распорное усилие.

### Литература

1. Егоров М. Е., Дементьев В. И., Дмитриев В. Л. Технология машиностроения. М.: Высш. шк., 1976.
2. Белькевич В. А. Справочное пособие технолога машиностроительного завода. Мн.: Беларусь, 1972.
3. Соловцев С. С. Отрезка в штампах точных заготовок из сортового проката. М.: НИИмаш, 1980.
4. Семенов В. И. Ковка и штамповка: Справ. в 4-х т. Т.3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г. А. Навроцкого. М.: Машиностроение, 1987.
5. Клущин В. А., Макушок Е. М., Щукин В. Я. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки. Мн.: Наука и техника, 1974.
6. Казанский И. И., Мухонин В. Ф., Марков Ю. А. Станы для производства точных заготовок машиностроительных деталей // Кузнечно-штамповочное производство. 1984. № 4.
7. Васильчиков М. В., Барбарич М. В., Жукевич-Стока Е. А. и др. Производство точных заготовок машиностроительных деталей прокаткой. М.: НИИ ИНФОРМТЯЖМАШ, 1968.
8. Сидоренко М. И. Разделение прутков на мерные заготовки. Мн.: Бестпринт, 1999.
9. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977.
10. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. Справ. в 3-х т. Т.1. М.: Машиностроение, 1980.