

УДК 621.7.044

Драгобецкий В. В.  
Левченко Р. В.  
Пузырь Р. Г.

## АНАЛИЗ НАГРУЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ РАДИАЛЬНО-РОТАЦИОННОМ СПОСОБЕ ПОЛУЧЕНИЯ ОБОДЬЕВ КОЛЕС С ИЗМЕНЕННОЙ СХемой ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Профилировочные машины традиционно имеют два рабочих вала, оси которых расположены в одной, обычно горизонтальной плоскости. Валки приводные снабжены нажимным устройством, что и обеспечивает профилирование заготовки соответствующее калибру валков. Для изготовления полуфабриката обода колеса на одном из переходов радиально-ротационного профилирования заготовка в виде цилиндрической оболочки подается в разведенные приводные валки. Включается нажимное устройство, перемещающее нижний или верхний валок, валки сводятся и зажимают обечайку. Затем включается вращение приводных валков-роликов и производится профилирование цилиндрической заготовки. Совершив несколько (от 2 до 10) полных оборотов, заготовка принимает профиль калибра роликов, и операция завершается отводом и остановом валков [1].

Способы изготовления ободьев колес по традиционной схеме, описанной выше, характеризуются большой производительностью, высоким качеством продукции, возможностью полной автоматизации процесса, но имеют и недостатки [2]. Одним из таких недостатков, который связан одновременно с технологией изготовления обода и устройством профилировочных машин, является невозможность изменения схемы силового воздействия на обечайку в процессе профилирования, необходимого для обеспечения интенсификации процесса, обеспечения устойчивости и устранения или уменьшения локализации деформации в угловых зонах заготовки.

Как было установлено ранее [3], в процессе локального обжима заготовки обода колеса при внедрении деформирующего ролика в заготовку, пластическим сжимающим тангенциальным деформациям предшествуют сжимающие упругие тангенциальные напряжения в зоне действия инструмента. На границе очага деформации сжимающие напряжения равны нулю и при выходе из него, тангенциальные напряжения становятся растягивающими, которые препятствуют продвижению материала в очаг деформации.

Целью работы является интенсификация процессов холодной штамповки с изменением схемы внешнего воздействия на заготовку путем замены краевых условий у очага деформации или путем целесообразного изменения напряжения текучести в различных зонах очага деформации. Отсюда следует, что воздействуя на границу очага деформации в тангенциальном направлении при профилировании обечайки, дополнительно создавая сжимающие напряжения и как бы заталкивая участок заготовки в зону деформации, можно добиться увеличения допустимого за один переход формоизменения или утолщения полуфабриката в опасных зонах [2].

Заталкивающее действие производили неприводным роликом, который располагался впереди приводного деформирующего на границе очага деформации. Силовое воздействие на обечайку дополнительным роликом осуществлялось с помощью пружины. Схема действия сил на заготовку в конце профилирования, когда происходит обкатывание посадочных полок, изображена на рис. 1.

Касательные составляющие в сумме дают силу  $T$ , необходимую для продвижения заготовки в процессе профилирования:

$$T = T_1 + T_2, \quad (1)$$

где  $T_1 = (P_1 + P_3)\mu$ ;  $T_2 = (P_2 + P_4)\mu$ ;  $\mu = 0,12$  – для холоднокатаной заготовки.

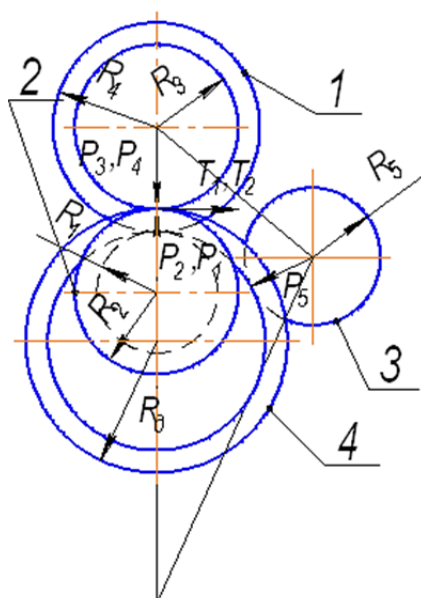


Рис. 1. Схема действия сил в конце процесса профилирования:

1 – верхний рабочий валок; 2 – нижний рабочий валок; 3 – нажимной ролик; 4 – обечайка;  
 $P_1, P_2, P_3, P_4$  – нормальные составляющие усилий по образующим контактных поверхностей;  
 $T_1, T_2$  – касательные составляющие;  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  – радиусы калибров деформирующих валков и нажимного ролика

Равенство нулю работы всех внешних и внутренних сил для единичного перемещения сечения обечайки в направлении центральной линии имеет вид:

$$A = A_{нл.} + A_{м.к.} + A_{м.с.} + A_{м.н.}, \quad (2)$$

где  $A_{нл.} = \sigma_s \iiint_v \varepsilon_i \rho d\rho d\theta dz$  – работа пластической деформации;

$A_{м.к.} = \frac{P_1 f_1}{R_1} + \frac{P_2 f_2}{R_2} + \frac{P_3 f_3}{R_3} + \frac{P_4 f_4}{R_4} + \frac{P_5 f_5}{R_5}$  – работа трения качения роликов по обечайке;

$A_{м.с.} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) \mu n$  – работа трения скольжения поверхностей относительно друг друга на контактных площадках приводных валков с заготовкой;

$n$  – коэффициент проскальзывания приводных роликов,  $n = 0,05-0,1$ ;

$A_{м.н.} = \frac{\mu_1 R_{n1} (P_1 + P_2)}{R_1 + R_2} + \frac{\mu_2 R_{n2} (P_3 + P_4)}{R_3 + R_4} + \frac{\mu_3 R_{n3} P_5}{R_5}$  – работа трения цапф радиусов

$R_{n1}, R_{n2}, R_{n3}$  в опорных подшипниках скольжения;

$A = \frac{M_1}{R_2} + \frac{M_2}{R_4}$  – работа крутящих моментов, подаваемых на приводные ролики,

$R_2 > R_1, R_4 > R_3$ .

При  $f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = f_5 = f$  суммарный крутящий момент равен, когда  $R_2 = R_4$ :

$$M = M_1 + M_2 = A_{нл.} R_2 + (f + n\mu)(P_2 + P_4) + f R_2 \left( \frac{P_1}{R_1} + \frac{P_3}{R_3} \right) + n\mu R_2 (P_1 + P_3) + \frac{f P_5 R_2}{R_5} + \mu_i \left( \frac{P_1 R_{n1} R_2}{R_1} + P_2 R_{n2} + \frac{P_3 R_{n3} R_2}{R_3} + P_4 R_{n4} + \frac{P_5 R_{n5} R_2}{R_5} \right),$$

где  $\mu_i = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ .

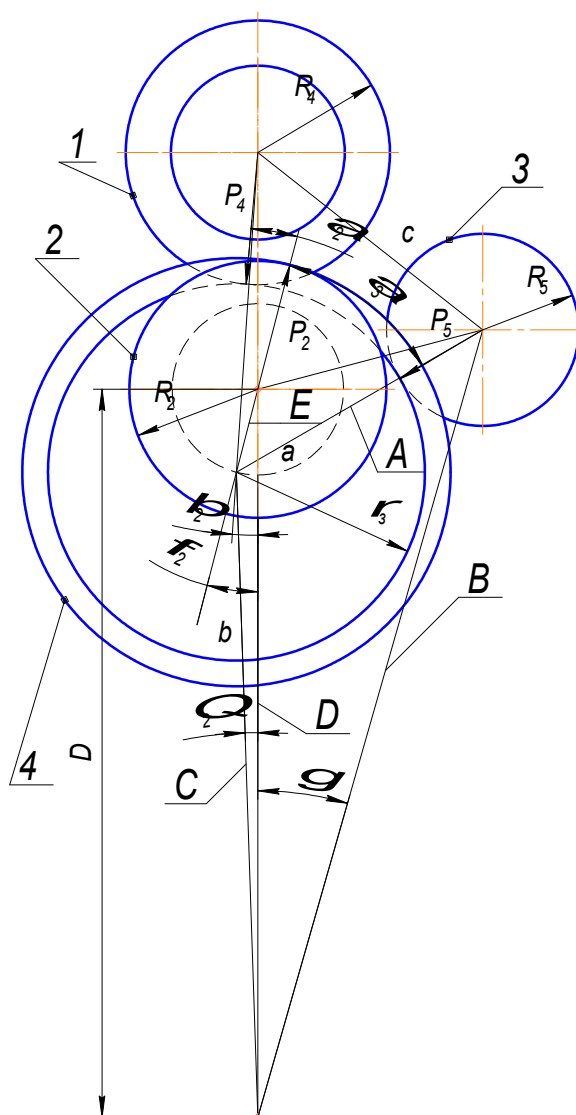


Рис. 2. Расчетная схема для определения действующих сил в процессе профилирования

Мощность привода роликов [4]:

$$N = M\omega, \quad (3)$$

где  $\omega$  – средняя угловая скорость.

Принимаем силы  $P_1, P_2, P_3, P_4$  сосредоточенными по контактным цилиндрическим поверхностям для удобства расчета. Также принимаем, что кривизна заготовки на участке между валками постоянна. В процессе профилирования обечайка занимает положение, показанное на рис. 2.

Так как радиус центрального ручья  $\rho_3$ , получаемый на переходе профилирования, задан технологической документацией, а также расстояние  $b$  – конструкторская документация, то остальные геометрические параметры вычисляем по формулам для косоугольного треугольника:

$$\cos \alpha_2 = \left[ (\rho_3 + R_4)^2 + (\rho_3 - R_2)^2 - b^2 \right] / [2(\rho_3 + R_4)(\rho_3 - R_2)];$$

$$\cos \beta_2 = \left[ b^2 + (\rho_3 + R_4)^2 - (\rho_3 - R_2)^2 \right] / [2b(\rho_3 + R_4)];$$

$$\varphi_2 = \alpha_2 + \beta_2.$$

Для треугольника  $A, C, E$  известны стороны  $D$  и  $E$  и угол  $\varphi_2$  между ними. Вычисляем его сторону  $C$  и угол  $\theta_2$  и т. д., перебирая косоугольные треугольники, находим стороны  $B, a$  и косинус угла  $\alpha_3$ :

$$a = \sqrt{[B^2 \sin^2 \gamma + (B \cos \gamma - D)^2]}. \quad (4)$$

Усилия находим по формулам:

$$P_4 = \frac{M}{\rho_3 [\sin \alpha_2 + \mu (\cos \alpha_2 - 1)]} + P, \quad (5)$$

где  $P = F\sigma_i$  – усилие профилирования, [2];

$F$  – площадь сечения заготовки;

$M$  – изгибающий момент, создаваемый за счет перекоса заготовки,  $M = \frac{1}{6} \sigma \cdot s^2 [1]$ ;

$\sigma$  – предел упругости материала;

$s$  – толщина заготовки.

$$P_5 = \frac{M}{\rho_3 \sin \alpha_3} + P_{np}, \quad (6)$$

где  $P_{np}$  – усилие, создаваемое прижимной пружиной.

$$P_2 = P_4 (\cos \alpha_2 - \mu \sin \alpha_2) + P_5 \cos \alpha_3. \quad (7)$$

## ВЫВОДЫ

В результате анализа процесса профилирования с измененной схемой внешнего воздействия определены усилия, необходимые для расчета профилирующих роликов машин на прочность и жесткость, а также потерь на трение.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потехушин Н. В. *Исследование процесса радиального профилирования [Текст] / Н. В. Потехушин // Автомобильная промышленность. – 1976. – № 4. – С. 31–35.*
2. Драгобецкий В. В. *Учет влияния изменения толщины листовой заготовки в процессе деформирования [Текст] / В. В. Драгобецкий, А. А. Зюков, А. Д. Коноваленко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету : наукові праці КДПУ. – Кременчук : КДПУ, 2005 – Вип. 2 (31). – С. 61–62.*
3. Попов Е. А. *Основы теории листовой штамповки [Текст] / Е. А. Попов. – М. : Машиностроение, 1977. – 278 с.*
4. Аверкиев А. Ю. *Ковка и штамповка [Текст]: в 4 т. Т. 4 / Под ред. А. Д. Матвеева. – М. : Машиностроение, 1985–1987. – 544 с.*

Драгобецкий В. В. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. КрНУ;

Левченко Р. В. – аспирант КрНУ;

Пузырь Р. Г. – канд. техн. наук, доц. КрНУ.

КрНУ – Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, г. Кременчуг.

E-mail: kafea@polytech.poltava.ua