

УДК 621.7.044

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАДИАЛЬНО-РОТАЦИОННОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ОБОДЬЕВ КОЛЕС ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Р. Г. Пузырь

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: vldrag@polytech.poltava.ua

Показано, что при использовании теории упругого деформирования оболочек вращения можно интенсифицировать операции локального обжима и раздачи путем усовершенствования используемого оборудования. Показано, что при действии на оболочку сосредоточенной нагрузкой в окружном направлении возникает разноименное напряженное состояние. Только в месте приложения нагрузки тангенциальные напряжения являются сжимающими, а на выходе из очага деформации – они равны нулю; в ненагруженной части цилиндра – растягивающие. Это необходимо учитывать при проектировании рациональных технологических процессов локального деформирования. Теоретически установлено, что наложение дополнительного воздействия на очаг деформации при упругопластическом формоизменении позволяет уменьшить коэффициент жесткости схемы напряженного состояния.

Ключевые слова: обжим, раздача, заготовка, локальная деформация.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РАДИАЛЬНО-РОТАЦІЙНОГО ПРОФІЛЮВАННЯ ОБОДІВ КОЛІС ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Р. Г. Пузырь

Кременчугський національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: vldrag@polytech.poltava.ua

Показано, що, спираючись на теорію пружного деформування оболонок обертання, можна інтенсифікувати операції локального обтиску і роздачі шляхом удосконалення виробничого обладнання. Показано, що при дії на оболонку зосередженим навантаженням в окружному напрямі виникає різноіменний напружений стан. Тільки в місці прикладання навантаження тангенціальні напруження стискаючі, на виході з вогнища деформації – вони дорівнюють нулю, а в ненавантаженій частині циліндра – розтягуючі. Це необхідно враховувати при проектуванні раціональних технологічних процесів локального деформування. Теоретично встановлено, що накладення додаткової дії на осередок деформації при пружнопластичному формозмінненні дозволяє зменшити коефіцієнт жорсткості схеми напруженого стану.

Ключові слова: обтиск, роздача, заготовка, локальна деформація.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Процесс радиально-ротационного профилирования не имеет аналогов в обработке металлов давлением, изучен недостаточно полно не только в экспериментальном плане, но и теоретически, что не позволяет создать надежную базу для расчетов переходов профилирования, энергосиловых параметров процесса и в полной мере использовать все преимущества процесса, разработать научно обоснованные ресурсосберегающие технологические процессы и устройства [1–3].

В работе [1] показано, что геометрический очаг деформации при формоизменении цилиндрической заготовки роликом представляет собой пятно контакта между вращающимися деформирующим инструментом и заготовкой в каждый последующий этап деформирования, что обуславливает снижение усилий локального обжима или раздачи в 5–10 раз по сравнению с традиционными методами. Отсюда вытекают особенности напряженно-деформированного состояния при локальном действии сил.

Цель работы – усовершенствование технологии радиально-ротационного профилирования ободьев колес транспортных средств.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В большинстве своем современные способы изготовления ободьев представляют различные комбинации профилирования, штамповки, ротационной вытяжки или раздачи.

Наиболее точное решение задач такого рода может быть получено на основании моментной теории, в которой учитываются изгибающие моменты в стенке оболочки, как в продольном, так и в поперечном направлении. Однако практическое решение задач по моментной теории связано со сложными вычислениями. Более просто задачи о несимметричной деформации цилиндрических оболочек решаются по полубезмоментной теории В.З. Власова [5] и приведены в исследованиях [2], применительно к процессу радиально-ротационного профилирования, где при представлении нагрузки в виде ряда

$$q = q_0 + \sum_I \bar{q}_k \cos kj \quad (1)$$

были получены формулы для радиального перемещения w и осевого усилия T_x

$$w_{x=0} = - \left(\frac{\partial v}{\partial j} \right)_{x=0} = - \frac{q_{max} l^3}{6r^2 Eh} \cos j - \sum_{k=2,4,6...} k A_{1k} \cos kj \quad (2)$$

$$T_x = - \int_j \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} r E h d j = \frac{q_{max} l}{2r} \cos j + \sum_{k=2,4,6...} \frac{r E h b_k^2}{r} \begin{bmatrix} -4 A_{1k} v_3(b_k l) - \\ -4 A_{2k} v_4(b_k l) + \\ + A_{4k} v_2(b_k l) \end{bmatrix} \cos kj \quad (3)$$

Таким образом, было установлено что, 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. Это послужило основой для интенсификации 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 неподвижным 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.

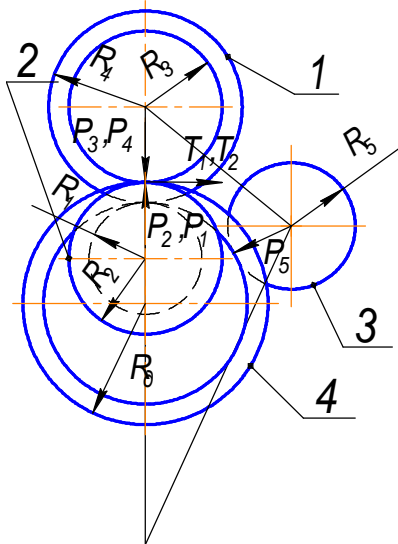


Рисунок 1 – Схема действия сил в конце процесса профилирования: 1 – верхний рабочий валок; 2 – нижний рабочий валок; 3 – нажимной ролик; 4 – обечайка; P_1, P_2, P_3, P_4 – нормальные составляющие усилий по образующим контактных поверхностей; T_1, T_2 – касательные составляющие; R_1, R_2, R_3, R_4, R_5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

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

$$T = T_1 + T_2, \quad (4)$$

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

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

$$A = A_{nl} + A_{m.k} + A_{m.c} + A_{m.n}, \quad (5)$$

где $A_{nl} = \int \int \int e_i r dr dq dz$ - работа пластической деформации;

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

$A_{m.c} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)nm$ - работа трения скольжения поверхностей относительно друг друга на контактных площадках приводных валков с заготовкой, n – коэффициент проскальзывания приводных роликов, $n=0,05-0,1$;

$$A_{m.n} = \frac{m_1 R_{n1} (P_1 + P_2)}{R_1 + R_2} + \frac{m_2 R_{n2} (P_3 + P_4)}{R_3 + R_4} + \frac{m_3 R_{n3} P_5}{R_5}$$

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 $R_2 = R_4$

$$M = M_1 + M_2 = A_{nl} R_2 + (f + nm)(P_2 + P_4) + f R_2 \left(\frac{P_1}{R_1} + \frac{P_3}{R_3} \right) + nm R_2 (P_1 + P_3) + \frac{f P_5 R_2}{R_5} + m_1 \left(\frac{P_1 R_{n1} R_2}{R_1} + P_2 R_{n2} + \frac{P_3 R_{n3} R_2}{R_3} + P_4 R_{n4} + \frac{P_5 R_{n5} R_2}{R_5} \right)$$

где $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m_5 = m$.

Мощность привода роликов [2, 3]

$$N = M \omega, \quad (6)$$

где ω – 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.

Так как радиус центрального ручья r_3 , который получается на переходе профилирования задан технологической документацией, а также расстояние b – конструкторская документация, то остальные гео-

метрические параметры вычисляем по формулам для косоугольного треугольника

$$\cos a_2 = \left[(r_3 + R_4)^2 + (r_3 - R_2)^2 - b^2 \right] / \left[2(r_3 + R_4)(r_3 - R_2) \right];$$

$$\cos b_2 = \left[b^2 + (r_3 + R_4)^2 - (r_3 - R_2)^2 \right] / \left[2b(r_3 + R_4) \right];$$

$$j_2 = a_2 + b_2.$$

Усилия находим по формулам:

$$P_4 = \frac{M}{r_3 [\sin a_2 + m(\cos a_2 - 1)]} + P, \quad (7)$$

где $P = F s_i$ – усилие профилирования, [2]; F – площадь сечения заготовки; M – изгибающий момент, создаваемый за счет перекоса заготовки, $M = \frac{1}{6} S s^2$ [1]; σ – предел упругости материала; s – толщина заготовки.

$$P_5 = \frac{M}{r_3 \sin a_3} + P_{np}, \quad (8)$$

где P_{np} – усилие создаваемое прижимной пружиной.

$$P_2 = P_4 (\cos a_2 - m \sin a_2) + P_5 \cos a_3. \quad (9)$$

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.

IMPROVING OF RADIAL-ROTATIONAL PROFILING TECHNOLOGY FOR WHEEL RIMS OF VEHICLES

R. Puzyr

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: vldrag@polytech.poltava.ua

The paper shows on the basis of theory of elastic deformation of revolving shells the possibility to intensify the operation of local crimping and expansion via improving of the equipment used. The concentrated load effecting on the shell in the circumferential direction leads to opposite stress state occurring. The place of the load application is the only area with compressive tangential stresses, they are equal to zero in the deformation zone output and have a stretching character in the unloaded part of the cylinder. This should be considered when designing of the rational operational processes of local deformation. It is proved in theory that additional force exerting on deformation zone under elastoplastic forming allows decrease the stiffness ratio of the tension scheme.

Key words: crimping, expansion, work-piece, local deformation.

REFERENCES

1. Konovalenko A.D. Experimental research of energyforce parameters of process of profiling of rims of wheels transport vehicles // *Perfection of processes and equipment of treatment pressure is in metallurgy and engineering*: Col. works. – Kramatorsk: DDMA, 2001. – PP. 162–167. [in Russian].
2. Potekushin N.V. Research process of profiling purflings // *Flowage of metals and alloys*. – Ufa, 1973. – Iss. 47. – 47 p. [in Russian].
3. Storogev M.V., Popov E.A. *The theory of processing of metals by pressure*. – Moscow: Mechanical engineering, 1971. – 421 p. [in Russian].

Интенсификацию процессов холодной штамповки проводят, изменяя схемы внешнего воздействия на заготовку путем замены краевых условий у очага деформации или путем целесообразного изменения напряжения текучести в различных зонах очага деформации [4]. 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 металла в опасных зонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коноваленко А.Д. Экспериментальное исследование энергосиловых параметров процесса профилирования ободьев колес транспортных средств // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні*: Зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2001. – С. 162–167.
2. Потекушин Н.В. Исследование процесса профилирования обечаек // *Пластическая деформация металлов и сплавов*. – Уфа, 1973. – Вып. 47. – 47 с.
3. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
4. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.
5. Пластины и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М.: Наука, 1966. – 635 с.

Стаття надійшла 01.11.2012.

Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Драгобецьким В.В.