

УДК 621.771

Тубольцев А. Г.

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАСКАТКИ ДИСКА ПО ДИАМЕТРУ НА УСИЛИЕ ШТАМПОВКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

Знание энергосиловых параметров технологического процесса производства железнодорожных колес, в частности усилия штамповки, позволяет перераспределять деформацию между агрегатами, снижать отклонения по геометрическим размерам и взаимному расположению элементов колес относительно друг друга.

В технической литературе имеется незначительное количество работ, посвященных экспериментальному и теоретическому определению усилия штамповки при производстве колес [1–5], и отсутствуют работы по анализу влияния перераспределения деформации между агрегатами на усилие деформации и, в частности, величины раскатки диска по диаметру на усилие штамповки.

Целью работы является аналитическое определение влияния величины раскатки диска по диаметру на усилие штамповки колесной заготовки на формовочном прессе при производстве железнодорожных колес и возможности уменьшения её на колесопрокатном стане для снижения эксцентриситета обода относительно ступицы.

Эксцентриситет обода относительно ступицы является одним из наиболее характерных геометрических дефектов при производстве штамповано-кованных колес. Специфичность эксцентриситета обода заключается в том, что при последующих после прокатки операциях колес (выгибке диска и механической обработки) он трансформируется в целый ряд других размерных отклонений, таких как разностенность ступицы и разнотолщинность обода, перекося торца ступицы и смятие ступицы, короткая ступица и некоторые другие [6].

Эксцентриситет обода определяется полуразностью наибольшего и наименьшего из радиальных измерений в одной плоскости при измерении от поверхности отверстия ступицы до конца катания колеса [7]. Согласно ГОСТ 9036-88 он не должен превышать 3 мм в черновом колесе, а в чистовом – 1 мм для железнодорожных колес диаметром 957 мм. При производстве колес эксцентриситет обода в прокатном колесе может достигнуть величины, во много раз превышающей допустимую по стандарту. По данным работы [8] известны случаи, когда в колесах он достигал 28, 32 и даже 43 мм.

На образование эксцентриситета обода колес влияют все агрегаты пресс-прокатной линии и конфигурация отформованной заготовки, но проявляется он лишь в процессе прокатки колес и последующей деформации в выгибном прессе.

Эксцентриситет обода является следствием неравномерного обжатия внутренней поверхности обода прокатываемой заготовки средними конусами наклонных валков колесопрокатного стана при раскатке диска и неравномерного приращения его длины.

Установлено, что точность геометрических размеров колес, в том числе и по эксцентриситету обода, штампованных колес выше, чем штамповано-катаных [9, 10]. Эксцентриситет обода колес увеличивается, если в колесопрокатный стан поступает колесная заготовка с разнотолщинным ободом, а также чем больше величина раскатки диска. Отбраковка колес по эксцентриситету обода, при производстве которых отсутствует операция раскатки обода или она незначительна, меньше, чем при достаточно большой величине раскатки диска.

Таким образом, для снижения эксцентриситета обода колес необходимо исключить операцию раскатки обода или уменьшить ее до минимально возможной величины.

Для уменьшения величины раскатки диска по диаметру на колесопрокатном стане часть деформации колесной заготовки нужно передать с колесопрокатного стана на формовочный пресс, т. е. отштамповывать диск большей длины.

В технической литературе отсутствуют данные по влиянию величины раскатки диска на усилие штамповки на формовочном прессе при производстве железнодорожных колес.

Для проведения анализа влияния величины раскатки диска Δd на усилие штамповки рассмотрена схема деформации заготовки при производстве железнодорожного колеса диаметром 957 мм в колесопрокатном цехе ОАО «Интерпайп НТЗ». Схема деформации заготовок на прессо-прокатной линии КППЦ следующая: предварительная осадка заготовки на гладких плитах на прессе усилием 20 МН. Затем заготовка передается на пресс усилием 50 МН, где ее осаживают гладкими плитами в плавающем калибровочном кольце, затем калибровочное кольцо специальным механизмом центрируется и осуществляют разгонку заготовки пуансоном. Заготовку выталкивают из калибровочного кольца и передают на формовочный пресс усилием 100 МН, где осуществляют ее штамповку. Далее заготовку передают на колесопрокатный стан и производят раскатку диска по диаметру и выкатку обода. Величина раскатки диска при производстве колес диаметром 957 мм равно 140 мм. Выгибку диска, калибровку колеса и прошивку центрального отверстия осуществляют на прессе двойного действия усилием 35 МН.

Усилие штамповки P на формовочном прессе колесной заготовки определяем по методике [5]:

$$P = \sigma_T \cdot n_{\sigma n} \cdot F, \quad (1)$$

где σ_T – предел текучести металла для условий деформации; $n_{\sigma n}$ – коэффициент напряженного состояния с учетом истинной формы штампуемой поковки; F – горизонтальная проекция контактной поверхности.

Предел текучести определяем при помощи термомеханических коэффициентов:

$$\sigma_T = \sigma_{T0} \cdot k_t \cdot k_s \cdot k_u, \quad (2)$$

где σ_{T0} – базисное значение предела текучести; k_t, k_s, k_u – температурный, степенной и скоростной коэффициенты:

$$k_t = 0,57 + 0,0045 \cdot (1200 - t) \cdot \sqrt{\frac{1200 - t}{t}}; \quad (3)$$

$$k_s = 0,82 + 0,082 \cdot \sqrt{\varepsilon}; \quad (4)$$

$$k_u = 0,52 + 0,08 \cdot \sqrt{u5}, \quad (5)$$

где t – температура металла заготовки, °С; ε – средняя относительная степень деформации, %; u – скорость деформации, с⁻¹.

Среднюю относительную степень деформации определяем через среднюю истинную деформацию e_{cp} :

$$e_{cp} = \ln(1 + \varepsilon); \quad (6)$$

$$e_{cp} = \frac{\Delta V}{V_{II}}, \quad (7)$$

где ΔV – смещенный объем; V_{II} – объем заготовки (поковки).

Коэффициент напряженного состояния с учетом истинной формы штампуемой колесной заготовки определяем по выражению:

$$n_{\sigma n} = 1 + (n_{\sigma} - 1) \cdot n_{\phi}, \quad (8)$$

где n_{ϕ} – коэффициент формы колесной заготовки.

Коэффициент напряженного состояния n_{σ} определяем по выражению:

$$n_{\sigma} = 1 + 0,09 \cdot \frac{D_1}{H_1} \cdot \sqrt{\frac{f \cdot D_1}{H_1}}, \quad (9)$$

где $H = \frac{V_{II}}{F}$ – средняя высота штампованной заготовки; D_1 – диаметр штампованной заготовки; f – коэффициент трения.

Коэффициент формы колесной заготовки определяли по выражению:

$$n_{\phi} = \frac{F_{II}}{2F}, \quad (10)$$

где F_{II} – площадь поверхности отштампованной заготовки.

Для расчетов задаемся размерными данными колесной заготовки после штамповки на формовочном прессе усилием 100 МН при производстве железнодорожного колеса диаметром 957 мм в КПЦ ОАО «Интерпайп НТЗ», рис. 1.

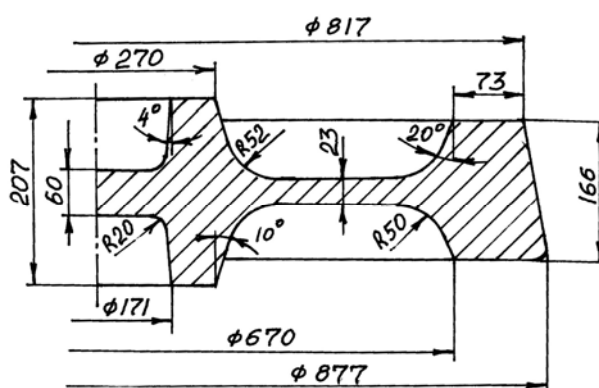


Рис. 1. Размеры колесной заготовки формовочного пресса усилием 100 МН для колес диаметром 957 мм

В качестве исходного материала принята колесная марка стали с базисным значением предела текучести $\sigma_{T0} = 78$ МПа. Температура металла при штамповке, скорость деформации и коэффициент трения приняты соответственно: $t = 1150$ °С, $u = 0,15$ с⁻¹, $f = 0,3$.

Для построения графика зависимости усилия штамповки P от величины раскатки диска Δd , задавались величиной раскатки равной 140, 100, 60, 20 и 0 мм.

На рис. 2 представлена зависимость усилия штамповки от величины раскатки диска. Как видно из представленной зависимости, с уменьшением величины раскатки диска усилие штамповки увеличивается и при величине $\Delta d = 25$ мм оно достигает номинального усилия формовочного пресса $P_H = 100$ МН.

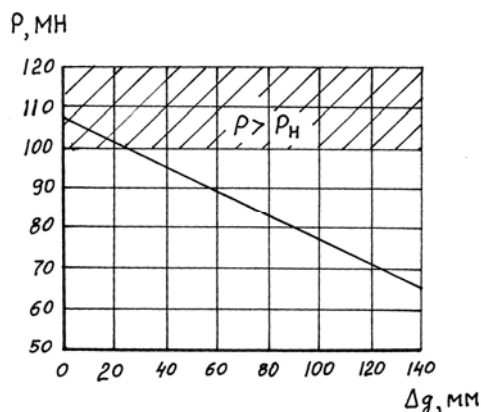


Рис. 2. Зависимость усилия штамповки P от величины раскатки диска по диаметру Δd

Экспериментальные исследования в промышленных условиях усилия штамповки колесной заготовки при производстве железнодорожных колес диаметром 957 мм [2–4] показали, что оно составляет порядка 75,3–80 МН.

ВЫВОДЫ

Установлено, что в технической литературе отсутствуют экспериментальные и теоретические исследования влияния величины раскатки диска по диаметру на колесопрокатном стане на усилие штамповки колесной заготовки на формовочном прессе.

Выполненные расчеты влияния величины раскатки диска по диаметру на усилие штамповки при производстве штамповано-кованных колес показали, что уменьшение величины раскатки диска по диаметру на колесопрокатном стане приводит к увеличению усилия штамповки на формовочном прессе и может превысить номинальное усилие прессы.

В результате оптимизации режима деформации между формовочным прессом и колесопрокатным станом при производстве железнодорожных колес диаметром 957 мм возможно уменьшение величины раскатки диска по диаметру с 140 мм до 30–40 мм, что позволит уменьшить величину эксцентриситета обода относительно ступицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шифрин М. Ю. Производство цельнокатанных колес и бандажей / М. Ю. Шифрин, М. Я. Соломович. – М. : Металлургиздат, 1954. – 500 с.
2. Харченко Ю. Ф. Расчет силовых параметров объемной штамповки с использованием программируемых микрокалькуляторов : учебное пособие / Ю. Ф. Харченко, Н. М. Санько, Г. Ю. Маклаков. – К. : УМК ВО, 1988. – 60 с.
3. Шрамко О. В. Обґрунтування і розробка раціональної технології виготовлення залізничних коліс підвищеної якості з урахуванням історії деформування : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. – Дніпропетровськ, 2007. – 19 с.
4. Новая технология деформирования заготовок при производстве железнодорожных колес / О. А. Ганаго, М. С. Валетов, М. И. Староселецкий, В. К. Серяченко, Б. Ф. Антипов, А. В. Панников // Кузнечно-штамповочное производство. – 1979. – № 2. – С. 8–11.
5. Тубольцев А. Г. Определение усилия штамповки формовочного прессы при производстве железнодорожных колес / А. Г. Тубольцев // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Том 8. Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ : Системні технології. – 2005. – С. 562–564.
6. Шифрин М. Ю. Резервы производительности и выхода годного при прокатке колес / М. Ю. Шифрин. – М. : Металлургия, 1989. – 144 с.
7. ГОСТ 9036-88. Колеса цельнокатаные. Конструкции и размеры. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 15 с.
8. Тубольцев Ю. Г. Исследование, разработка и внедрение рациональных режимов прокатки на колесопрокатном стане : автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Ю. Г. Тубольцев. – Днепропетровск, 1982. – 22 с.
9. Производство железнодорожных колес / Г. А. Бирик, А. М. Иоффе, А. В. Праздников, М. И. Староселецкий. – М. : Металлургия, 1982. – 232 с.
10. Физическое моделирование многоступенчатой деформации стали в процессе прокатки заготовок железнодорожных колес / А. А. Миленин, А. В. Шрамко, А. Г. Ступка, В. А. Гринкевич, В. Н. Данченко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. – № 2. – С. 37–40.

Тубольцев А. Г. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: danform@a-teleport.com