

УДК 621.771.294

Снитко С. А.
Яковченко А. В.

МЕХАНИЗМ ИСПРАВЛЕНИЯ АСИММЕТРИИ ПРИ ШТАМПОВКЕ КОЛЕСНЫХ ЗАГОТОВОК

Исправление асимметрии колесных заготовок на всех агрегатах прессопрокатной линии при производстве штампованных и штамповано-катаных железнодорожных колес является важной научно-технической проблемой [1, 2]. Ее актуальность обусловлена значительными потерями металла при механической обработке черновых колес, связанными с наличием увеличенных припусков и нестабильностью размеров колес. При этом основными причинами асимметрии колесных заготовок являются: асимметрия исходных заготовок; неточность установки заготовок манипуляторами перед выполнением операций осадки, разгонки и формовки; несовершенство самих технологий горячего деформирования металла и, в первую очередь, калибровок.

Анализ известных технологий [1–3], направленных на получение колесных заготовок, имеющих стабильные размеры, и экономию металла, выполнен в работе [4]. Здесь также предложена новая технология, предусматривающая самоцентрирование заготовок в формовочных штампах и устранение асимметрии осажённых и разогнанных заготовок путем пластической деформации металла формовочным кольцом, а также верхним и нижним формовочными штампами.

Величину асимметрии можно оценить по разнице масс частей заготовки относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось заготовки перпендикулярно плоскости ее сечения. Если эта разница не превышает 5–7 кг, то такую асимметрию можно считать небольшой, а при разнице более 7 кг – большой.

Изучение предложенной в работе [4] технологии позволило установить, что если асимметрия небольшая, то данная технология решает указанную выше задачу. Если асимметрия осажённых и разогнанных заготовок является большой, то для получения осесимметричных колесных заготовок по этой технологии необходимо ее совершенствование.

В работе [5] рассмотрена схема штамповки колесных заготовок, разработанная фирмой SMS Eupico. Она предусматривает осадку и разгонку исходной заготовки с одновременной формовкой ступицы с одной из сторон заготовки, по которой затем в формовочных штампах выполняют ее центровку. В работе [6] исходная заготовка подвергается осадке в технологическом кольце с одновременной разгонкой пуансоном. Центровка осажённой и разогнанной заготовки выполняется на закруглениях формовочного штампа в зоне соединения диска с ободом. Такие технологии [5, 6] позволяют получать осесимметричные колесные заготовки, но лишь в том случае, если поступающие в формовочные штампы заготовки будут осесимметричными. Однако предложенные технологии этого не обеспечивают.

Целью работы является установление механизма исправления асимметрии при штамповке колесных заготовок и совершенствование технологии их производства в случае, если асимметрия осажённых и разогнанных заготовок является большой.

Как при осадке с одновременной, так и с последующей разгонкой металла, заготовка может получаться асимметричной. Причиной асимметрии является отклонение оси исходной заготовки от оси штампов, которое возникает в результате ее неточной укладки на нижнюю плиту прессы перед деформацией. Кроме того, ось заготовки может быть отклонена от вертикали при наличии косины реза у исходной заготовки. Также влияет неравномерный нагрев исходной заготовки, ее овальность, неравномерность механических свойств металла по объему заготовки, неодинаковые условия трения металла с инструментом на контактных поверхностях и другие причины. Сочетание перечисленных факторов в различных комбинациях может приводить к асимметрии, которая выше была определена как большая.

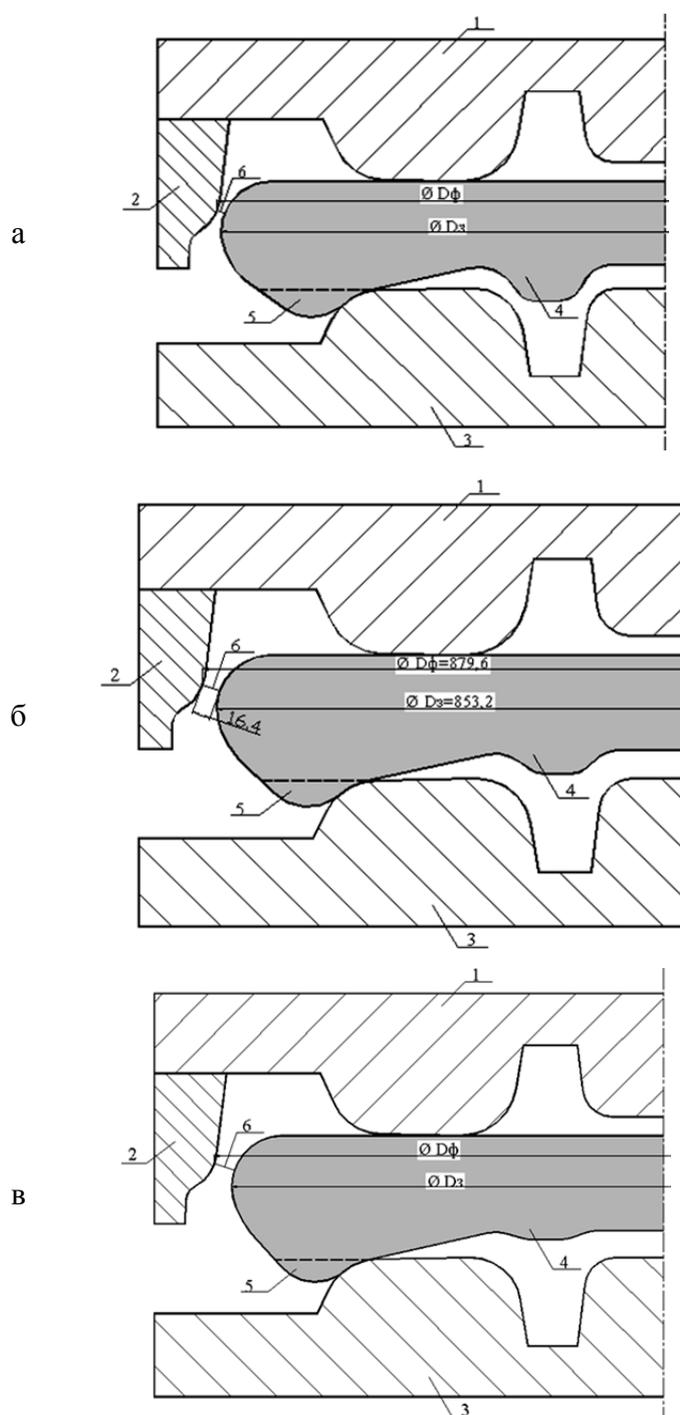


Рис. 1. Схема штамповки колесной заготовки, имеющей массу 460 кг, в формовочных штампах:

а, б, в – первый момент штамповки осесимметричной осаженной и разогнанной заготовки при соответственно уменьшенном ($D_3 > 0,98D_{\phi}$), среднем ($0,96D_{\phi} \leq D_3 \leq 0,98D_{\phi}$) и увеличенном ($D_3 < 0,96D_{\phi}$) зазоре между заготовкой и формовочным кольцом; 1 – штамп, формирующий наружную сторону колесной заготовки; 2 – формовочное кольцо; 3 – штамп, формирующий внутреннюю сторону колесной заготовки; 4 – заготовка после осадки и разгонки; 5 – предварительно подготовленная часть обода; 6 – зазор между заготовкой и формовочным кольцом

Анализ технологии штамповки колесных заготовок, предложенной в работе [4], показал, что влияние зазора между осаженной и разогнанной заготовкой и формовочным кольцом на исправление асимметрии не рассмотрено. Поэтому в настоящей работе выполнено конечно-элементное моделирование в системе Deform-3D (лицензионный номер 7197) процесса исправления асимметрии колесных заготовок при их штамповке в формовочных штампах с учетом влияния величины данного зазора. Методика конечно-элементного моделирования процессов штамповки в формовочных штампах создана в работе [7].

На рис. 1–2 показано, что корректировка рассматриваемого зазора приводит также к изменению формы и размеров осаженной и разогнанной заготовки, что является следствием нормированного распределения металла по сечению заготовки при разработке калибровки и выполняется для того, чтобы при штамповке колесной заготовки обеспечить требуемое заполнение всех элементов формовочных штампов.

На рис. 3 и 4 показаны основные этапы моделирования процесса при зазоре между заготовкой и формовочным кольцом, который соответствует условию $0,96D_{\phi} \leq D_3 \leq 0,98D_{\phi}$. Здесь D_3 – максимальный диаметр наружной боковой поверхности осаженной и разогнанной осесимметричной заготовки, D_{ϕ} – диаметр формовочного кольца в точке по его высоте, соответствующей минимальному зазору между осаженной и разогнанной осесимметричной заготовкой и формовочным кольцом, который измерен по нормали к рабочей поверхности этого кольца при соосном расположении заготовки и формовочных штампов. Указанные выше диаметры D_3 и D_{ϕ} нормируются, во-первых, для осесимметричной осаженной и разогнанной заготовки, и, во-вторых, – при соосном расположении этой заготовки и формовочных штампов.

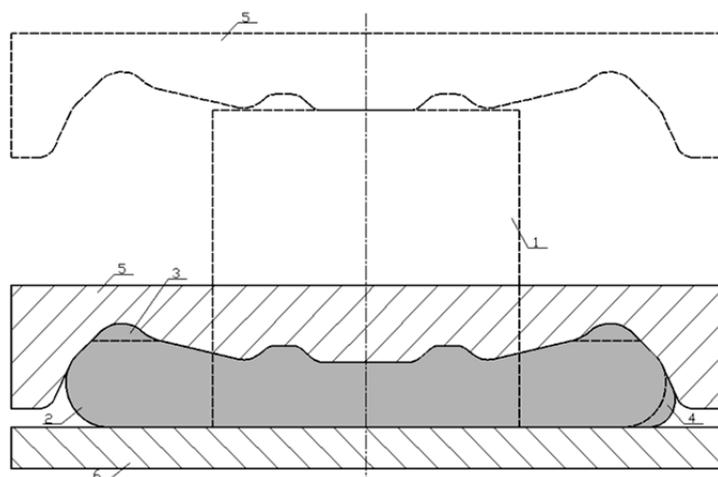


Рис. 2. Схема осадки и совмещенной с ней разгонки заготовки (рассмотрен вариант получения асимметричной заготовки):

1 – исходная заготовка; 2 – асимметричная заготовка после осадки и разгонки; 3 – предварительно подготовленная часть обода; 4 – зона заготовки, определяющая ее асимметрию; 5 – фасонная плита или штамп для формирования внутренней стороны заготовки; 6 – нажимная плита, выполняющая наружную сторону заготовки

заготовки с осью штампов. Это движение заготовки происходит вследствие нажатия на нее штампа, формирующего диск с наружной стороны заготовки справа. Таким образом выполняется центрирование заготовки формовочными штампами и, соответственно, – исправление ошибки при ее укладке манипулятором или центрировании механическим центрователем.

На следующем этапе начинается обжатие заготовки и, соответственно, – пластическое течение деформируемого металла (см. рис. 3, в).

Первоначальный контакт заготовки с формовочным кольцом происходит в той зоне наружной боковой поверхности заготовки, которая определяет ее асимметрию (см. рис. 2). В рассматриваемом случае эта зона в плоскости рисунка находится слева. Давление формовочного кольца в указанной выше зоне приводит к перетеканию обжимаемого металла из левой части заготовки (в плоскости рисунка) в правую (см. рис. 4, а). Окончание данного этапа характеризуется возникновением контакта формовочного кольца со всей наружной боковой поверхностью заготовки (рис. 4, б). При этом завершается процесс контролируемого перетекания металла из левой части заготовки в правую. В результате разница масс левой и правой частей заготовки, которая ранее составляла 16,6 кг, отсутствует, что и обеспечивает в дальнейшем получение осесимметричной колесной заготовки, в том числе со стабильными размерами гребня по ее периметру. На рис. 4, б, в показаны этапы штамповки, когда в зоне диска уже сформировалось нейтральное сечение, относительно которого происходит течение металла в обод и ступицу. Последний момент штамповки представлен на рис. 4, г. Также выполнено конечно-элементное моделирование процессов штамповки колесных заготовок при уменьшенных зазорах (см. рис. 1, а), при $D_3 > 0,98 D_\phi$, и увеличенных зазорах (см. рис. 1, в), при $D_3 < 0,96 D_\phi$, между осаженной и разогнанной заготовкой и формовочным кольцом.

При зазорах, соответствующих условию $D_3 > 0,98 D_\phi$, в процессе моделирования установлено, что имеет место увеличение продолжительности этапа, который показан на рис. 4, а и связан с перетеканием обжимаемого металла из левой части заготовки (в плоскости рисунка) в правую. В этом случае в зоне, где имелся избыток металла у асимметричной заготовки элемент штампа, в котором формируется гребень, заполняется металлом не полностью, а с противоположной стороны аналогичный элемент штампа перезаполняется металлом.

Из рис. 3, а видно, что заготовка, полученная после выполнения операций осадки и разгонки, имеет асимметрию. Кроме этого она уложена на нижний формовочный штамп со смещением относительно оси штампов влево (в плоскости рисунка) на 5 мм. Была определена разница масс между левой и правой частями заготовки, разделенными вертикальной плоскостью проходящей через ось штампов перпендикулярно плоскости рисунка. Эта разница с учетом ее несоосного расположения в штампах составила 16,6 кг.

Исправление асимметричной укладки заготовки и ее асимметрии выполняется в следующей последовательности.

При опускании верхнего штампа реализуется поступательно-вращательное движение заготовки (см. рис. 3, б) на закруглении штампа, формирующего дугу сопряжения обода с диском с внутренней стороны колесной заготовки до совмещения оси

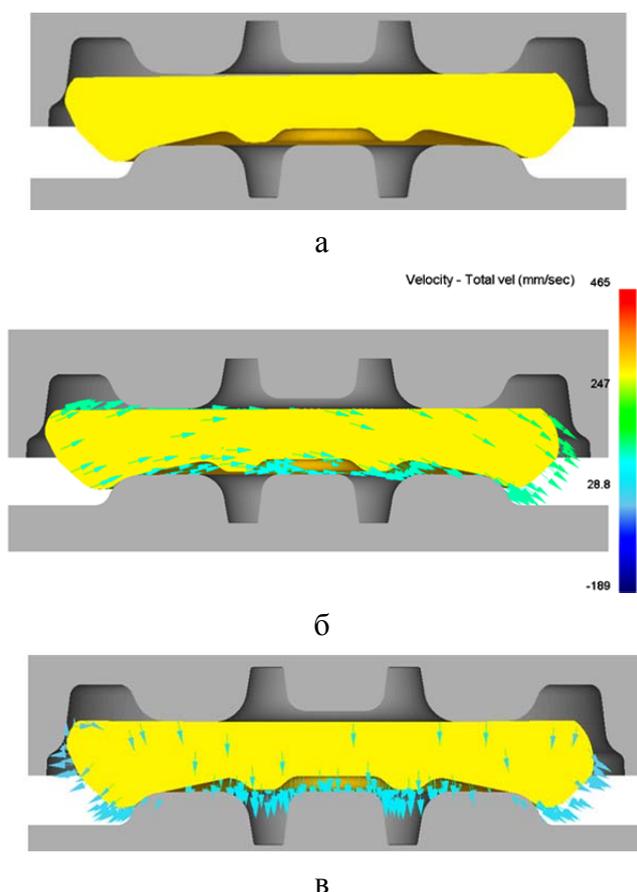


Рис. 3. Результаты конечно-элементного моделирования процесса исправления асимметричной укладки заготовки относительно формовочных штампов:

а – исходное положение заготовки и формовочных штампов; б – начальный момент центровки заготовки формовочными штампами; в – последний момент центровки заготовки формовочными штампами и начала пластической деформации металла

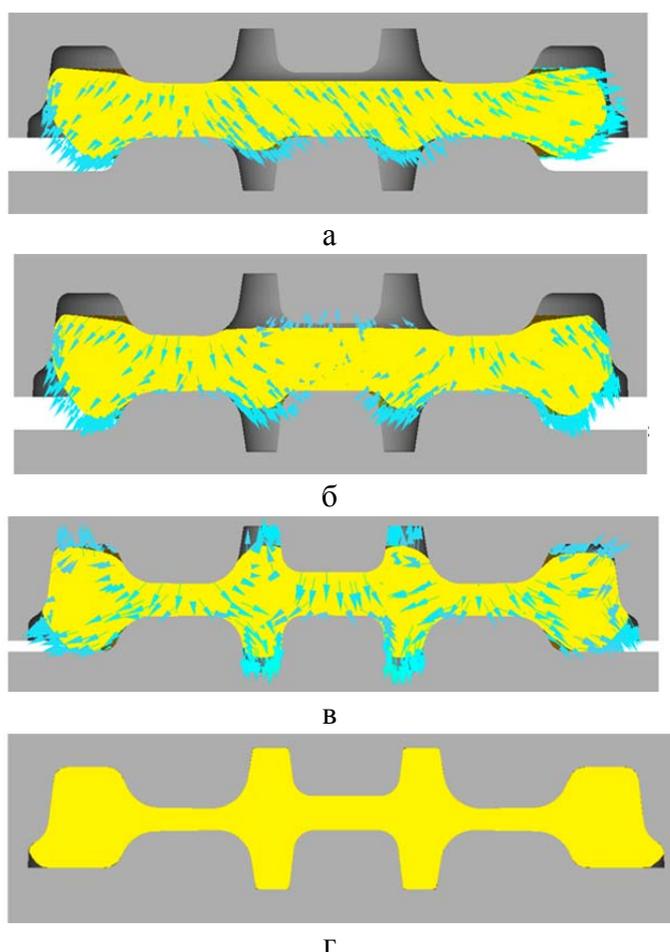


Рис. 4. Результаты конечно-элементного моделирования процесса исправления асимметрии при штамповке колесной заготовки:

а – этап перетекания металла, обеспечивающего исправление асимметрии; б, в – этапы осесимметричной штамповки колесной заготовки; г – последний момент штамповки колесной заготовки

При зазорах, соответствующих условию $D_3 < 0,96 D_\phi$, в процессе моделирования установлено, что имеет место уменьшение продолжительности этапа, который показан на рис. 4, а. При этом в зоне, где имелся избыток металла у асимметричной заготовки элемент штампа, в котором формируется гребень, перезаполняется металлом, а с противоположной стороны аналогичный элемент штампа недозаполняется металлом.

В результате выполненных исследований также установлено, что если получена асимметричная заготовка, показанная, например, на рис. 2 (позиция 2), и она, в свою очередь, уложена в формовочные штампы несоосно (в том числе с наклоном), то в случае выполнения условия $0,96 D_\phi \leq D_3 \leq 0,98 D_\phi$, которое определяет рациональные по величине рассмотренные выше зазоры, то при ее штамповке в формовочных штампах будет получена осесимметричная колесная заготовка.

Аналогичные исследования были выполнены и для случая штамповки колесных заготовок без гребня (рис. 5). Также было установлено, что при наличии большой асимметрии осаженой и разогнанной заготовки и ее несоосной укладке в формовочные штампы, выполнение условия $0,96 D_\phi \leq D_3 \leq 0,98 D_\phi$ дает на начальном этапе штамповки величину зазора между заготовкой и формовочным кольцом, обеспечивающую получение осесимметричной колесной заготовки.

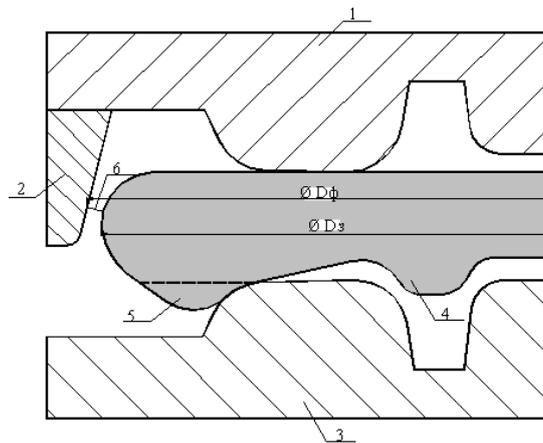


Рис. 5. Первый момент штамповки колесной заготовки без гребня из осесимметричной осаженной и разогнанной заготовки:

1 – штамп, формирующий наружную сторону колесной заготовки; 2 – формовочное кольцо; 3 – штамп, формирующий внутреннюю сторону колесной заготовки; 4 – осесимметричная заготовка после осадки и разгонки; 5 – предварительно подготовленная часть обода; 6 – зазор между заготовкой и формовочным кольцом

ВЫВОДЫ

Применительно к технологии штамповки колесных заготовок, имеющих обод диск и ступицу, установлен механизм исправления асимметрии используемых в этом процессе осаженных и разогнанных заготовок и их асимметричной укладки в формовочные штампы. На этой основе усовершенствована технология, обеспечивающая устранение как смещения оси заготовки относительно оси формовочных штампов, так и асимметрии самой заготовки. Применение предлагаемой технологии позволит изготавливать осесимметричные колесные заготовки и, соответственно, стабилизировать размеры штампованных или штампованно-катаных железнодорожных колес, а также уменьшить расход металла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шифрин М. Ю. *Производство цельнокатаных колес и бандажей* / М. Ю. Шифрин, М. Я. Соломович. – М. : Металлургиздат, 1954. – 501 с. : ил.
2. Яковченко А. В. *Проектирование профилей и калибровок железнодорожных колес : монография* / А. В. Яковченко, Н. И. Ивлева, Р. А. Гольшиков. – Донецк : ДонНТУ, 2008. – 491 с. : ил.
3. Пат. 79312 Україна, МПК В21 К 1/28, В21 J 1/00, В21 Н 1/00. *Спосіб формування колісних заготовок, що мають обод, диск і маточину* / О. В. Яковченко, С. О Снітко (Україна). – № а2005 03368; заявл. 11.04.2005; опубл. 11.06.2007, Бюл. № 8.
4. *Совершенствование технологии штамповки колесных заготовок* / А. В. Яковченко, А. А. Пугач, С. А. Снитко, Н. И. Ивлева // *Вісник приазовського державного технічного університету*. – Маріуполь : ПДТУ, 2012. – № 1(24). – С. 94–99. – (Серія «Технічні науки»).
5. Кушнарєв А. В. *Новая технология производства высококачественных железнодорожных колес* / А. В. Кушнарєв, А. А. Богатов, А. А. Киричков [и др.] // *Сталь*. – 2010. – № 3. – С. 58–62.
6. Кушнарєв А. В. *Выбор рационального соотношения обжатий при штамповке и прокатке железнодорожных колес* / А. В. Кушнарєв, А. А. Богатов, В. А. Кропотов // *Производство проката*. – 2010. – № 3. – С. 21–24.
7. Снитко С. А. *Конечно-элементное моделирование многопереходного процесса деформирования заготовок при производстве железнодорожных колес* / С. А. Снитко, В. Л. Калюжний // *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – Вып. 62. – С. 53–62. – (Серія «Технічні науки»).

Снитко С. А. – канд. техн. наук, доц. ДонНТУ;

Яковченко А. В. – д-р техн. наук, проф. ДонНТУ.

ДонНТУ – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк.

E-mail: snitko_sa@mail.ru; mond1991@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16.10.2012 г.