Чикишев Денис Николаевич, канд. техн. наук, доцент, chikishev_denis@mail.ru, Россия, Магнитогорск, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

DEVELOPMENT OF SHEET ROLLING TECHNOLOGICAL SYSTEMS – FROM INTENSIFICATION TO INNOVATIONS

V.M. Salganik, D.N. Chikishev

The article shows the development of plate rolling technological systems, which took place in the framework of research carried out by the scientific school "Development of the theory, modeling, equipment and technology of innovative processes of symmetric and asymmetric rolling of steels with the required geometry and a given set of mechanical properties", headed by V.M. Salganik. The key scientific and practical achievements are shown, thanks to which there was a transition from the intensification of sheet rolling production to its innovative support, which is necessary for obtaining exclusive products with a unique set of properties.

Key words: sheet rolling, technological system, process intensification, innovative products, science school, math modeling, complex mechanical properties, exclusive products.

Salganik Viktor Matveevich, doctor of technical sciences, professor, svm357@yandex.ru, Russia, Magnitogorsk, Nosov Magnitogorsk State Technical University,

Chikishev Denis Nikolayevich, candidate of technical sciences, docent, chikishev_denis@mail.ru, Russia, Magnitogorsk, Nosov Magnitogorsk State Technical University

УДК 621.73.043

ОТКРЫТАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА ПОКОВОК ТИПА ШЕСТЕРЕН И ФЛАНЦЕВ С РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫМ ПОДПОРОМ В ОБЛОЙНОМ МОСТИКЕ

В.Н. Михайлов, И.М.Володин

В работе говорится об объемной штамповке круглых в плане поковок с внутренним отверстием в открытом штампе. Предложена схема штампа и методика проектирования облойной канавки с регламентируемым подпором для штамповки поковок типа шестерен и фланцев. Предложены правила расчета и проектирования переходов штамповки и ручьев штампа.

Ключевые слова: поковка, штамп, облой, облойная канавка, ручей штампа, штамповочный уклон.

В работе [1] отмечено, что для круглых в плане поковок с внутренним отверстием, штампуемых с предварительным ручьем, существует граница разделов потоков металла вытесняемого из ручья штампа в перемычку и облой. Уравнение равенства объемов вытесняемого металла и наружного облоя на стадии доштамповки в этом случае будет иметь другой вид.

Положение границы в данном случае зависит от многих факторов: размеров осаженной заготовки; конфигурации предварительного и окончательного ручья; облойной канавки штампа; коэффициента трения; скоростного режима; упрочнения металла при штамповке; температуры металла и штампа; напряженно-деформированного

состояния поковки и т.д. Учесть влияние всех факторов с достаточной степенью точности позволяют системы конечно-элементного анализа в виде пакетов прикладных программ (ППП), предлагаемые многими фирмами, в частности, американскими SFTS (программа DEFORM) и MSC (программа MSC/Superforqe), французскими TRANVALOR (программа FORGE) и др. Известны и широко используются отечественные программы «РАПИД» и «QForm», вычислительный комплекс SPLEN-S и др.

Компьютерные программы такого уровня является результатом многолетнего труда творческих коллективов высококвалифицированных специалистов ОМД, математиков и программистов. Они являются объектами интеллектуальной собственности и стоят десятки тысяч долларов за лицензионную копию.

Система правил проектирования переходов штамповки, приведенная в работе [1] включает методику расчетов и проектирования переходов и ручьев штампа. Эта задача из-за большого количества конфигураций поковок практически невыполнима, но становится возможной, если сузить задачу до отдельных групп поковок.

Известен пример внедренной в производство на ПАО «КАМАЗ» технологии бесподпорной штамповки шестерен, схема которой изображена на рис. 1 [2].

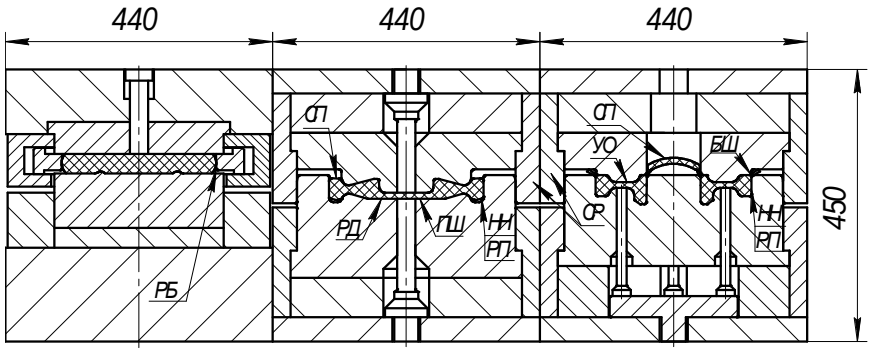


Рис. 1. Схема штамповки поковок шестерни коробки передач

Правила проектирования бесподпорной штамповки и с регламентируемым подпором одинаковы с той разницей, что в случае штамповки шестерен с увеличенным по высоте зубчатым венцом при бесподпорной штамповке возможно не заполнение углов ручья венца шестерни. В этом случае применяют штамповку с регламентируемым подпором [1].

Методика проектирования штамповки поковок типа шестерен с регламентируемым подпором предлагается следующая:

- определение размеров осаженной заготовки;
- определение границы раздела объемов металла необходимых для заполнения венца и ступицы шестерни в окончательном ручье штампа;
- расчет расширения наружной облойной канавки;
- определение конфигурации окончательного штампа в месте вытеснения лишнего объема металла из ступицы шестерни в перемычку.

Диаметр осаженной заготовки $D_{ос}$ определяют по наружному диаметру предварительного ручья штампа, рассчитываемого, в свою очередь, по окончательному ручью с учетом зазора под укладку. Для получения большей точности диаметра осаженной заготовки по боковой поверхности осаженной заготовки, применено правило регламентированной боковой поверхности (РБ) в плавающем кольце. Высоту осадки рассчитывают по формуле:

$$H_{ос} = \pi \frac{4V_{заг}}{D_{ос}^2}. \quad (1)$$

При равном объеме венца до середины полотна $V_в$ и объеме ступицы до середины полотна $V_{ст}$ ($V_в = V_{ст}$), объем осаженной заготовки из зоны полотна в предварительном и окончательном ручье штампа вытесняется в венец и ступицу в равных долях

по границе раздела в середине полотна. При $V_{ст} > V_в$ объем осаженной заготовки из зоны полотна в предварительном ручье перераспределяется в ступицу шестерни как показано на рис. 1, а в окончательном ручье по границе раздела в середине полотна шестерни $R_Р$. Соответственно при $V_{ст} < V_в$ объем осаженной заготовки из зоны полотна шестерни в предварительном ручье перераспределяется в венец шестерни. Конфигурацию предварительного ручья штампа и перераспределяемые объемы рекомендуется определять моделированием.

Расширение наружной облойной канавки предлагается находить решением уравнения (2) равенства объемов вытесняемого металла из ручья штампа и наружного облоя на стадии доштамповки [1], с учетом границы раздела $R_Р$:

$$\pi\,(R_о^2 - R_р^2)\,h_{дш} = \pi[(R_о + x)^2 - R_о{}^2]\,h_з + \frac{\pi[(R_о + x)^2 - R_о^2]\,h_{дш}}{2}, \qquad (2)$$

$$x = -R_о \pm \sqrt{R_о^2 + \frac{2(R_о^2 - R_р^2)\,h_{дш}}{2h_з + h_{дш}}}, \quad \alpha = \operatorname{arctg}\frac{h_{дош}}{x}.$$

При определении конфигурации окончательного ручья штампа в месте вытеснения лишнего объема металла из ступицы шестерни в перемычку, предлагается применять конструкцию, предложенную в работе [3], и реализованную в бесподпорной штамповке шестерен (рис. 1). Преимущество в том, что часть объема традиционной перемычки, сформированной окончательно в предварительном ручье с использованием правила поэлементной штамповки (ПШ), идет на заполнение углов нижней части ступицы при компенсации износа ручья штампа. Оставшийся лишний объем вытесняется в бесподпорную или с регламентируемым подпором облойную канавку под углом 45 градусов, не деформируя среднюю часть перемычки. Что способствует снижению гидростатического давления в ступичной части ручья штампа, снижению силы штамповки и уменьшения штамповочных уклонов, как показала практика, до 1 градуса на внутренней и до 30 минут на наружной части ступицы.

В работе [4] приведена схема технологического процесса штамповки полой поковки со средним по величине фланцем, внедренной в производство на ПАО «КАМАЗ» (Рис. 2). Методика проектирования штамповки полых поковок со средним фланцем отличается от штамповки шестерен на этапах:

- определения размера осаженной заготовки;
- определения границы раздела;
- определения конфигурации окончательного ручья штампа в месте вытеснения лишнего объема металла из цилиндрической части фланца в перемычку.

При проектировании высадки, диаметр заготовки определяют по наибольшему диаметру втулки окончательного ручья штампа с учетом укладки.

Как видно по рис. 2, разъем выполнен в месте ручья штампа, заполняемого в последнюю очередь. Применение регламентируемого подпора при увеличении высоты фланца и гарантированного заполнения углов в окончательном ручье штампа, а также для снижения силы штамповки и уменьшения штамповочных уклонов в данном случае актуально. Весь лишний объем металла в предварительном ручье штампа вытесняется во фланцевую часть со свободной поверхностью (СП). Поэтому границей раздела объемов металла необходимых для заполнения фланцевой части поковки является внутренний радиус торца фланца в окончательном ручье штампа $R_р$.

Высоту высаживаемой части заготовки $H_в$ предлагается находить по объему втулочной части $V_{вт}$ по формуле (3):

$$H_в = \frac{V_{вт} - V_{выс}}{\pi\,R_{вт}^2}, \qquad (3)$$

где $V_{вт}$ - объем втулочной части по всей высоте поковки, включая перемычку; $V_{выс}$ – объем выступа (объем не деформированной части заготовки после высадки); $R_{вт}$ – радиус втулочной части поковки на границе с фланцем.

Средний диаметр высаживаемой части заготовки $D_в$ рассчитывают по формуле (4)

$$D_в = \frac{V_{заг} - V_{выс}}{H_в} \quad (4)$$

По диаметру бочки высаживаемой заготовки $D_б$ определяют наибольший диаметр предварительного ручья с учетом зазора для укладки заготовки в предварительный ручей штампа.

Как показано на рис. 2, при прямом выдавливании заготовки в предварительном ручье штампа, на торцевой поверхности заготовки имеет место утяжина. В этом случае высоту высаживаемой части $H_в$ корректируют в сторону увеличения, рекомендуется это делать моделированием.

Расширение наружной облойной канавки рассчитывают по формуле (2).

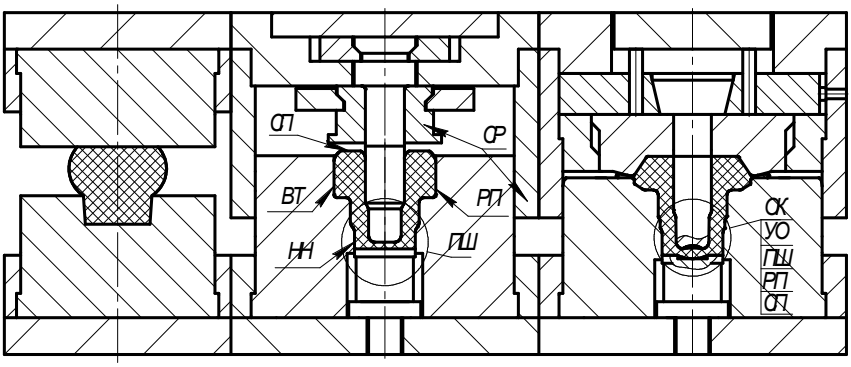


Рис. 2. Технологическая схема изготовления полых фланцевых поковок со средним фланцем

На рис. 3, 4 показаны внедренные в производство на ПАО «КАМАЗ» технологические схемы штамповки полых фланцевых поковок с малым и развитым фланцем [4].

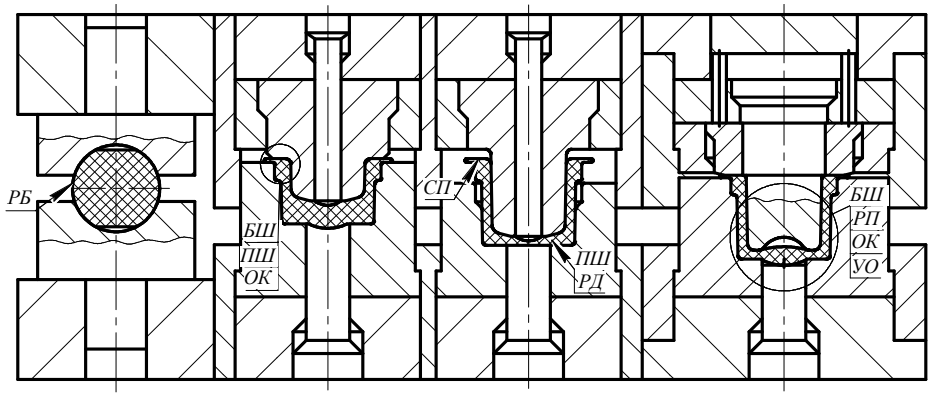


Рис. 3. Технологическая схема изготовления полых поковок с малым фланцем

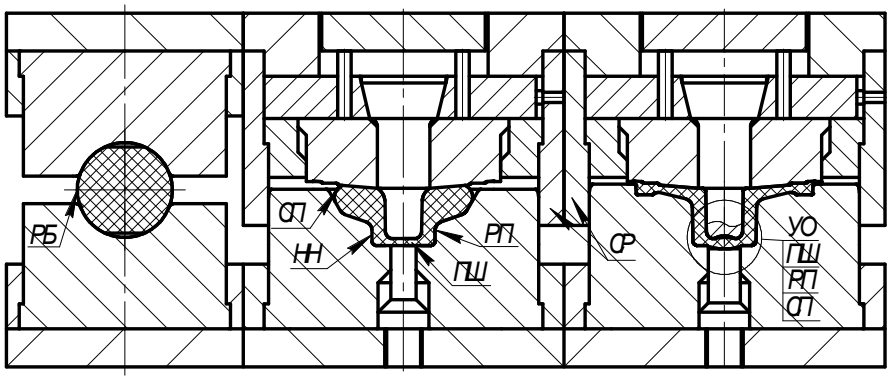


Рис. 4. Технологическая схема изготовления полых поковок с развитым фланцем

Отличие их состоит в получении шаровидной заготовки при осадке и надежной фиксации ее в предварительном ручье штампа. Расширение наружной облойной канавки рассчитывается так же, как и для фланцевых поковок со средним фланцем.

Список литературы

1. Михайлов В.Н., Володин И.М. Открытая объемная штамповка поковок с регламентируемым подпором в облойном мостике // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2018. Вып. 12. С. 250 – 255.

2. Володин И.М. Патент РФ 2275272 Способ изготовления штампованных поковок с центральным отверстием [Текст] / И.М. Володин, А.А. Ромашов, В.С. Мартюгин [и др.] (РФ). № 2004111320/02; Заявлено 13.04.2004/ Опубл. 13.04.2004. Бюл. №12. Изобретения. Полезные модели, 2004. № 12. 392 с.

3. Шибаков В.Г Способ получения кольцевых поковок. / В.Г.Шибаков, Р.М.Назмутдинов, В.Н. Михайлов, А.В. Шапарев, В.Ф.Клыков // Авторское свидетельство СССР № 1671394 А1, Б.И. № 31, 1991.

4. Володин И.М., Ромашов А.А. Ресурсосберегающие технологии штамповки полых фланцевых поковок [Текст] // Заготовительные производства в машиностроении, 2005. № 6. С. 29-33.

Михайлов Виктор Николаевич, канд. техн. наук, доцент, mikhaylovvn54@gmail.com, Россия, Липецк, Липецкий государственный технический университет,

Володин Игорь Михайлович, д-р техн. наук, профессор, vim@stu.lipetsk.ru, Россия, Липецк, Липецкий государственный технический университет

OPEN DIE FORGING OF FORGINGS OF THE TYPE OF GEARS AND FLANKS WITH A REGULATED SHEET IN OBLOYNY BRIDGE

V.N. Mikhailov, I.M. Volodin

The work speaks about the die forging of round forgings with an internal hole in the open stamp. A stamping scheme and a technique for designing a obloyny groove with a regulated support for stamping forgings of the type of gears and flanges are proposed. The rules for calculating and designing stamping transitions and stamp streams are proposed.

Key words: forging, die, burrs, obloynaya groove, stream die, stamping slope.

Mikhailov Victor Nikolaevich, candidate of technical sciences, docent, mikhaylovvn54@gmail.com, Russia, Lipetsk, Lipetsk State Technical University,

Volodin Igor Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor, vim@stu.lipetsk.ru, Russia, Lipetsk, Lipetsk State Technical University