

Треба підкреслити дуже важливий експериментальний факт: при витягуванні заготованок різних розмірів точка P може змінювати своє положення, але при будь-яких розмірах заготовки (якщо ця заготовка дійсно «середня»!) вона (точка P) залишається на кривій $ОПМ_2P_2$.

Висновки. 1. Експериментальні дослідження підтвердили, що три схеми деформації, зазначені авторами в раніше опублікованих роботах, дійсно мають місце. 2. Отримані експериментальні дані, що характеризують формозміну і силовий режим витягування вісесиметричних деталей, які дозволяють обґрунтувати більш досконалу математичну модель процесу витягування і підійти до створення підсистеми САПР розроблення процесів витягування і конструювання робочого інструмента.

Список літератури: 1. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах. Том 4. Под ред. *А.Д. Матвеева*. М: Машиностроение, 1987. 2. *Романовский В.П.* Справочник по холодной штамповке. Изд. 2-е. М.-Л.: Машиностроение, 1954. 3. *Евстратов В.А., Торяник В.В., Левченко В.Н.* Анализ процесса вытяжки // Кузнечно-штамповочное производство, 1996. – №4. – С. 2-5. 4. *Евстратов В.А., Левченко В.Н.* Влияние упрочнения на силовой режим вытяжки // Труды международной научно-технической конференции 12-14 мая 1997 г., часть 5, Харьков, 1997, С. 166-169. 5. А.с. 1064128 СССР, МКИ G 01 В 11/16. Способ определения деформаций.

Надійшла до редколегії 29.04.2014

УДК 621.771.634

А. А. КОРЕНЬКОВА, магістрант, НТУ «ХПІ»;

Ю. А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн. наук, с. н. с., НТУ «ХПІ».

АНАЛИЗ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ВАЛКОВОЙ ФОРМОВКЕ ГНУТЫХ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Исследования показали, что деформируемость круглых отверстий увеличивается с возрастанием углов подгибки, толщины металла, уменьшением ширины подгибаемых полок и величины перемычки между отверстиями. Величина отклонения в размерах отверстий по сравнению с исходными составляет 0,07-1,08% у угловых профилей и 0,07-3,20% у швеллерных. В работе установлено, что при формовке перфорированных профилей по жестким режимам происходит многократное возрастание деформирования отверстий.

Ключевые слова: профили перфорированные, формовка, валки, отверстия, формоизменение.

Введение. Перфорированные профили – перспективный вид металлопродукции, успешно применяемый в промышленности и строительстве, и получающий всё большее распространение. Значение профилирования в последнее годы непрерывно возрастает благодаря дешевизне изготовления гнутых профилей, высокой производительности оборудования, возможности сочетания профилирование с другими технологическими операциями

(пробивкой отверстий, сваркой, нанесением покрытий), многообразие сортамента, хорошему внешнему виду изделий. Развитие процессов профилирования позволило создать эффективный вид металлопродукции – гнутые перфорированные профили, необходимые, как для машиностроения, строительства, так и других отраслей экономики Украины.

Актуальность выполненной работы определяется отсутствием в нашей стране крупносерийного промышленного производства гнутых перфорированных профилей, значительной потребностью различных отраслей экономики Украины в этих профилях, необходимостью организации их промышленного производства.

Необходимость проведения настоящей работы обосновывается также и тем, что, не смотря на значительную потребность в гнутых перфорированных профилях в Украине, теоретические вопросы процесса профилирования разработаны недостаточно полно и в основном относятся к производству гнутых профилей, не имеющих перфорации.

С учетом изложенного, необходимо проведение дальнейших исследований процесса профилирования перфорированных гнутых профилей, которые позволили бы получить теоретически обоснованное решение комплекса задач, возникающих при проектировании технологии их изготовления.

Анализ литературы. С целью выбора рационального способа перфорирования при выполнении настоящей работы были изучены различные способы изготовления отверстий: сверление на агрегатных станках, ультразвуковых, электроискровых и электроимпульсных установках, ротационных машинах с помощью вращающихся валков и пробивкой в штампах [1–6].

Из этих способов рациональным является перфорирование в штампах, установленных на прессах–автоматах, обеспечивающих автоматическую подачу полосы на величину заданного шага.

При помощи штампов, установленных на прессах–автоматах, в заготовках из полосового материала можно пробивать отверстия самой различной формы с высокой степенью точности и чистоты обработки.

Целью исследований является анализ формоизменения отверстий на элементах гнутых профилей при их валковой формовке.

Результаты исследований. Исследование влияния условий профилирования на величину изменения размеров отверстий, предварительно пробитых в исходных заготовках, производили на специальных контрольных полосах. Отверстия круглые калиброванные диаметром 14 мм изготавливали сверлением и пробивкой в штампе по схеме, приведенной на рис. 1. Отверстия измеряли с точностью до 0,01 мм при помощи нутромера типа НИ с индикатором. Подготовленные подобным образом заготовки формовали на профилегибочном стане в уголкового и швеллерные профили, после чего отверстия вновь обмеряли. Результаты измерений до и после профилирования сравнивали, разность в показаниях индикатора составляла абсолютную величину изменения размером отверстий, относительное же изменение размеров определяли по формуле:

$$\Delta d = \frac{d_1 - d}{d} 100,$$

где Δd – относительная величина изменения размеров отверстий;

d – диаметр отверстия до профилирования, мм;

d_1 – диаметр отверстия после профилирования, мм.

Исследованиями установлено, что в процессе профилирования в зависимости от различных факторов (ширины подгибаемых элементов, режима профилирования, величины перемычки между отверстиями, марки стали) размеры отверстий изменяются различно.

Влияние режима профилирования. На рис. 1, а показано изменение размеров отверстий на полках швеллера 100x40x3 мм при прохождении полосы из клетки в клетку. Из приведенного графика видно, что при формовке профиля в калибрах профилегибочного стана, на подгибаемых полках швеллера происходит постепенное изменение размеров отверстий. Так, если при подгибке полок на 8° еще не заметно изменение размеров отверстий, то начиная с углов подгибки, равных 18°, и до угла подгибки 70° формоизменение отверстий возрастает. В готовом профиле отверстия на полках деформированы, причем эллипсообразность отверстий хорошо различима даже без измерительных приборов. Максимальная величина относительного удлинения отверстий составляла 1,89%, сужения – 3,2%. Следовательно, при прохождении полосы из клетки в клетку происходит постепенное изменение формы и размеров отверстий, которое объясняется увеличением продольной деформации кромок подгибаемых полок. Для определения влияния дробности деформации при профилировании на величину изменения размеров отверстий были изготовлены

швеллеры по разным режимам профилирования. Так, в первом случае швеллеры 100x80x3 мм профилировали по обычному режиму подгибки полок: 8°-18°-30°-44°-58° и т.д., а в другом – полки аналогичного швеллера формовали по более жесткому режиму, при котором за один проход полки подгибали на 18°, 30°, 44°, 58°, минуя предыдущие клетки.

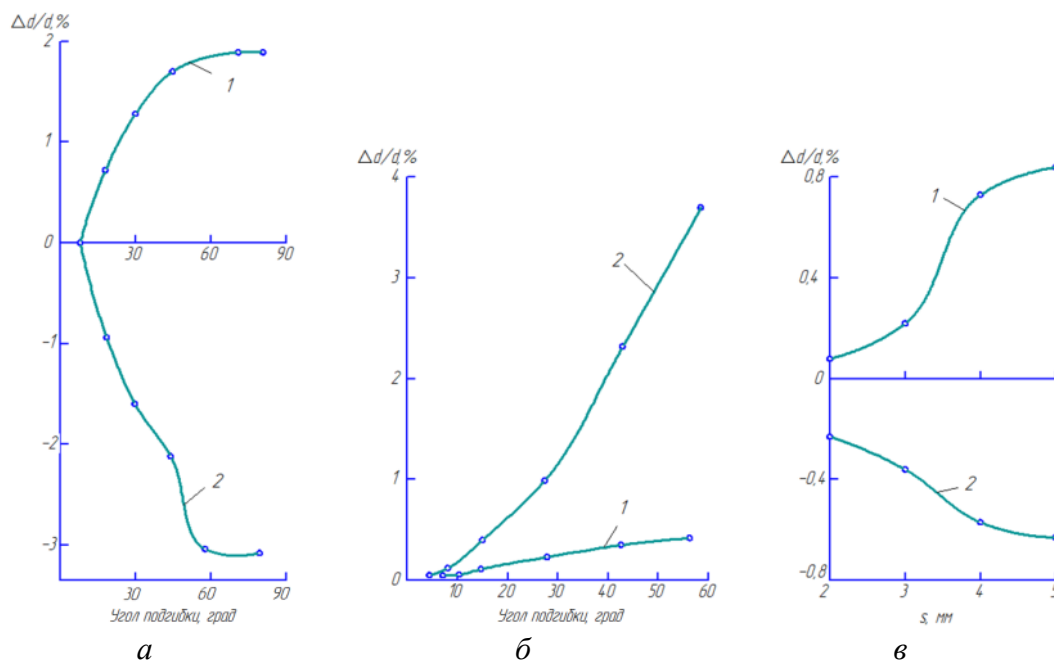


Рис. 1 – Изменение $\Delta d/d(1)$ и $-\Delta d/d(2)$ отверстий в процессе профилирования в зависимости от: а, б – углов подгибки; в – толщины металла s

Сравнение относительного изменения размеров отверстий показало, что при обычном режиме, по которому полки швеллера подгибали постепенно из клетки в клетку, изменение размеров отверстий было минимальным (рис. 1, б, 1). При подгибке полок по жесткому режиму, когда они подгибались сразу на большие углы, изменение размеров отверстий резко возросло (рис. 1, б, 2).

Например, при формовке швеллера в шестой клетке полоса подгибалась до 58°. При подгибке полок по режиму 8°-18°-30°-44°-58° относительное изменение размеров отверстий составляло 0,42%. Подгибка полок до угла 58°, осуществленная за один проход, привела к возрастанию деформирования отверстий почти в 9 раз. При этом величина относительного изменения размеров отверстия достигла 3,71%. Кроме того, на полках наблюдалось появление гофров, высота волны которых достигала 8–9,5 мм.

С учетом изложенного, при профилировании перфорированных профилей необходимо учитывать то обстоятельство, что резкое увеличение углов подгибки приводит к многократному возрастанию деформирования отверстий.

Поэтому для получения качественных, имеющих минимальные отклонения отверстий, необходимо, чтобы углы подгибки были небольшими. Следует, однако, отметить, что изменение режима профилирования не оказывает заметного влияния на деформирование отверстий, расположенных на стенке швеллеров. При этом необходимо, чтобы кромки отверстий находились от места изгиба на расстоянии, равном не менее 3,5 толщин металла.

Влияние толщины исходной заготовки. Общеизвестно, что с увеличением толщины профилируемых полос растягивающие деформации на кромках полос также увеличиваются. Это объясняется тем, что при большой толщине поперечная жесткость полосы возрастает и для перехода ее кромки из горизонтального положения в наклонное необходимо прилагать большие усилия.

С увеличением деформации продольных кромок претерпевают изменения и прилегающие к ним слои металла. Поэтому можно ожидать, что отверстия, имеющиеся в полках профилей различной толщины, будут деформироваться по-разному.

Для исследования влияния толщины заготовки на величину изменения размеров отверстий профилировали уголки с одинаковой шириной полок 45x45 мм, но с различной толщиной стенки 2 мм, 3 мм, 4 мм и 5 мм.

Результаты проведенных исследований показали, что с увеличением толщины подгибаемых полок величина деформирования отверстий возрастает (рис. 1, в). Минимальному деформированию подвергались отверстия в полках уголков толщиной 2 мм, максимальному – толщиной 5 мм. Так, при толщине полок 2 мм относительное удлинение отверстий составляло 0,07%, сужения – 0,21%. При толщине металла 5 мм деформирование отверстий возросло в несколько раз и составляло 0,8% и 0,63%, соответственно.

Следовательно, результаты проведенных исследований не противоречат сделанным ранее выводам о характере изменения растягивающих деформаций кромок профилей в зависимости от толщины металла. Деформирование отверстий имеет аналогичную закономерность (с увеличением толщины подгибаемых полок деформирование возрастает, с уменьшением – падает).

Влияние ширины подгибаемых элементов. Ширина подгибаемых элементов профиля оказывает существенное влияние на величину продольной деформации кромок. Исследованиями установлено, что у швеллеров с различной шириной полок наибольшая продольная деформация наблюдалась

на кромках тех швеллеров, которые имеют минимальные ширины. С увеличением ширины подгибаемых полок величина продольной деформации кромок уменьшается.

Для определения влияния ширины подгибаемых полок на величину формоизменения отверстий профилировали разнобокие уголки с шириной полок 45 мм, 60 мм и 80 мм. Схема расположения отверстия на полках аналогична приведенной на рис. 3. Обработки результатов измерений отверстий до и после профилирования показала, что наибольшему деформированию подвергались отверстия, расположенные на полках шириной 45 мм, наименьшему – на полках уголков с шириной полок 80 мм (рис. 2, а). Так, относительное удлинение отверстий на полках шириной 45 мм составляло 1,08%, сужение – 0,38%. На полках шириной 80 мм эти величины составляли 0,22% и 0,05% соответственно.

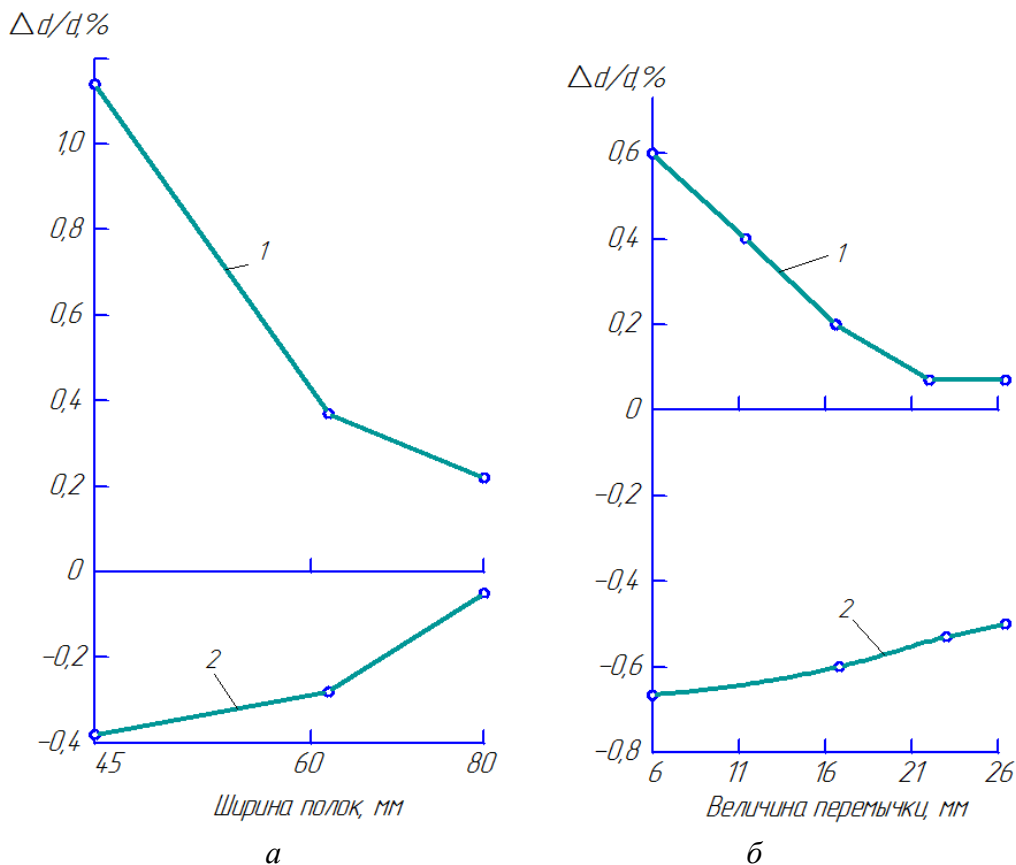


Рис. 2 – Изменение $\Delta d/d(1)$ и $-\Delta d/d(2)$ отверстий в процессе профилирования в зависимости от: а – ширины подгибаемых полок; б – величины перемычки между отверстиями

Увеличение в несколько раз деформирования отверстий на уголках с шириной полок 45 мм по сравнению с деформированием отверстия на полках с

уголка с шириной 80 мм является результатом увеличения продольной деформации кромок и прилегающих к ним слоев в процессе профилирования, т.е. наблюдается полное совпадение деформирования отверстий с общей деформацией металла подгибаемых элементов.

Выводы:

1. Исследования показали, что при прохождении полосы из клетки в клетку происходит постепенное изменение формы и размеров отверстий, которое объясняется увеличением продольной деформации кромок подгибаемых полок. Максимальная величина относительного удлинения отверстий составила 1,89%, сужения – 3,2%.

2. В работе установлено, что при формовке перфорированных профилей по жестким режимам происходит многократное возрастание деформирования отверстий. Вместе с тем, изменение режима профилирования не оказывает заметного влияния на деформирование отверстий, расположенных на стенке швеллеров при условии расположения кромок отверстий от места изгиба на расстоянии, равном не менее 3,5 толщин металла.

3. Результаты проведенных исследований показали, что с увеличением толщины подгибаемых полок величина деформирования отверстий возрастает. Так, при толщине полок 2 мм относительное удлинение отверстий составляло 0,07%, сужение – 0,21%, при толщине металла 5 мм деформирование отверстий составляло 0,8% и 0,63%, соответственно.

4. Деформируемость круглых отверстий увеличивается с возрастанием углов подгибки, толщины металла, уменьшением ширины подгибаемых полок и величины перемычки между отверстиями. Величина отклонения в размерах отверстий по сравнению с исходными составляет 0,07-1,08% у уголковых профилей и 0,07-3,20% у швеллерных.

Список литературы. 1. *Тришевский И. С.* Теоретические основы процессов профилирования / И. С. Тришевский, М. Е. Докторов. – М.: Металлургия, 1980. – 288 с. 2. *Тришевский И.С.* Калибровка валов для производства гнутых профилей проката / под ред. И.С. Тришевского. – Киев: Техника, 1980. – 288 с. 3. *Тришевский И.С.* Производства гнутых профилей (оборудование и технология) / под ред. И.С. Тришевского и др. – М.: Металлургия, 1982. – 384 с. 4. Применение гнутых профилей проката: справочник / И. С. Тришевский, Г. В. Донец, М. Е. Докторов и др. – М.: Металлургия, 1975. – 421 с. 5. *Березовский С.Ф.* Производство гнутых профилей: С.Ф. Березовский, И.С. Тришевский. – М.: Металлургия, 1985. – 200 с. 6. *Тришевский И.С.* Гнутые профили проката: справочник / И.С. Тришевский, В. В. Лемпицкий, Н.М. Воронов и др. / под ред. И.С. Тришевского. – М.: Металлургия, 1980. – 351 с.

Поступила в редколлегию 24.04.2014