

УДК 621.771.63

С. Ю. ПЛЕСНЕЦОВ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРИНЫ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДВОЙНОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И КОНТРОЛЕ

В Украине производство металлоконструкций из гнутых профилей с элементами двойной толщины развито достаточно широко, однако в литературе отсутствуют методики, позволяющие обеспечить точный расчет ширины исходной заготовки, а также спрогнозировать реальную ширину готового гнутого профиля, в связи с чем, освоение новых профилей с элементами двойной толщины и подбор ширины исходной заготовки обеспечивается пробным профилированием. В работе выполнены исследования изменения толщины металла при его изгибе в диапазоне углов подгибки $\alpha=90\dots 180^\circ$, разработана уточненная методика расчета ширины исходной заготовки для профилей с элементами двойной толщины, разработаны рекомендации по оценке технологичности новых профилей с элементами двойной толщины и прогнозированию конечных размеров профилей с элементами двойной толщины, что важно для их использования в замковых элементах. Проведены экспериментальные исследования места изгиба на 180° , на основании которых разработаны зависимости для уточненного расчета ширины исходной заготовки и готовых профилей, подлежащих освоению. Выработаны практические рекомендации для применения предложенной модели в конструкторской документации, для повышения технологичности изготовления гнутых профилей с элементами двойной толщины.

Ключевые слова: профиль гнутый, элемент двойной толщины, исследования экспериментальные, место изгиба, методика расчета, рекомендации практические.

В Україні виробництво металлоконструкцій з гнутих профілів з елементами подвійної товщини розвинене досить широко, однак в літературі [1, 2] відсутні методики, що дозволяють забезпечити точний розрахунок ширини вихідної заготовки, а також спрогнозувати реальну ширину готового гнутого профілю, в зв'язку з чим, освоєння нових профілів з елементами подвійної товщини і підбір ширини вихідної заготовки забезпечується пробним профилюванням. В роботі виконані дослідження зміни товщини металу при його згині в діапазоні кутів підгинання $\alpha=90\dots 180^\circ$, розроблена уточнена методика розрахунку ширини вихідної заготовки для профілів з елементами подвійної товщини, розроблені рекомендації по оцінці технологічності нових профілів з елементами подвійної товщини і прогнозування кінцевих розмірів профілів з елементами подвійної товщини, що важливо для їх використання в замкових елементах. Проведено експериментальні дослідження місця згину на 180° , на підставі яких розроблені залежності для уточненого розрахунку ширини вихідної заготовки і готових профілів, що підлягають освоєнню. Вироблені практичні рекомендації для застосування запропонованої моделі в конструкторській документації, для підвищення технологічності виготовлення гнутих профілів з елементами подвійної товщини.

Ключові слова: профіль гнутий, елемент подвійної товщини, дослідження експериментальні, місце згину, методика розрахунку, рекомендації практичні.

In Ukraine, the production of metal structures from bent profiles with elements of double thickness is developed quite widely, however, there are no methods in the literature that allow accurate calculation of the width of the initial billet, as well as predict the actual width of the finished bent profile, and, therefore, the development of new profiles with elements of double thickness and selection of the width of the initial workpiece is provided by trial profiling. In the work, studies were made of the change in the thickness of the metal during its bending in the range of angles of the bend $\alpha = 90\dots 180^\circ$, an improved method for calculating the width of the initial billet for profiles with double-thickness elements was developed, recommendations were developed to assess the processability of new profiles with elements of double thickness and forecasting the final dimensions of the profiles with elements of double thickness, which is important for their use in the locking elements. Experimental studies of the bend point for 180° have been carried out, on the basis of which dependences have been developed for a more accurate calculation of the width of the initial billet and the finished profiles to be developed. Practical recommendations for the application of the proposed model in the design documentation, for increasing the manufacturability of the manufacture of bent profiles with elements of double thickness, have been worked out.

Keywords: bent profile, double thickness element, experimental studies, bending point, calculation technique, practical recommendations.

Актуальность исследований. В Украине производство металлоконструкций из гнутых профилей с элементами двойной толщины развито достаточно широко, однако в литературе отсутствуют методики, позволяющие обеспечить точный расчет ширины исходной заготовки, а также спрогнозировать реальную ширину готового гнутого профиля, в связи с чем, освоение новых профилей с элементами двойной толщины и подбор ширины исходной заготовки обеспечивается пробным профилированием. Учитывая изложенное, работа, направленная на создание уточненной методики расчета ширины исходной заготовки для гнутых профилей с элементами двойной толщины, является важной и актуальной.

Цель работы: создание уточненной методики расчета ширины места изгиба исходной заготовки для элементов двойной толщины.

Для достижения поставленной цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

– выполнены исследования изменения толщины металла при его изгибе в диапазоне углов подгибки $\alpha=90\dots 180^\circ$;

– разработана уточненная методика расчета ширины исходной заготовки для профилей с элементами двойной толщины;

– разработаны рекомендации по оценке технологичности новых профилей с элементами двойной толщины, подлежащих освоению;

– разработаны рекомендации по прогнозированию конечных размеров готовых профилей с элементами двойной толщины, что важно для их использования в замковых элементах.

Основные результаты исследований.

1. Исследование изменения толщины при $S=0.8-1.8$ мм и $\alpha=90\dots 180^\circ$. Для проведения исследования были отобраны образцы из стали Ст. 3 и стали 08 кп. Исходные заготовки 10×50 мм толщиной 0,8 мм, 1,5 мм и 1,8 мм после маркировки были просканированы поочередно. Подгибка образцов производилась последовательно на 90° , 120° и 180° на гидравлическом испытательном прессе УИМ-50

усилием 50 т со сканированием каждой серии образцов [3-15]. Для подгибки использовался гибочный штамп с соответствующими углам подгибки сменными пуансонами и матрицами.

Подгибка экспериментальных образцов на 120° и 180° представлена на рис. 1. На рис. 2 приведены отсканированные образцы толщиной $S=0,8$ мм; 1,5 мм; 1,8 мм, после гибки (А–90°; В–120°; С–180°), соответственно.

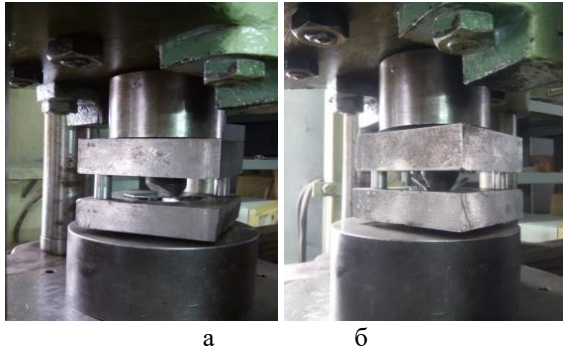


Рис. 1 – Гидравлический пресс с установленным гибочным штампом: а – для изгиба на 90°; б – для изгиба на 120°

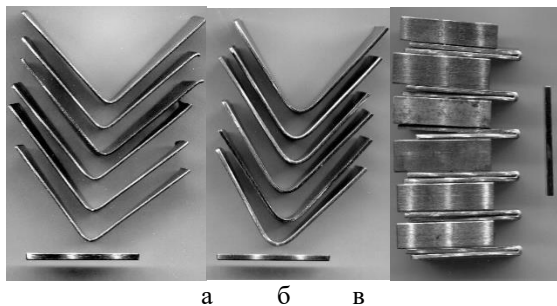


Рис. 2 – Отсканированные образцы после подгибки: а – на 90° ($S=0,8$ мм); б – на 120° ($S=1,5$ мм); в – на 180° (получено место изгиба двойной толщины $S=1,8$ мм)

С помощью программного комплекса НТУ «ХПИ» *Farseer v.1.4.25* [6, 8] проведены замеры и построены графики зависимости «утонения-утолщения» от угла подгибки. Из графиков видно, что с изменением угла подгибки изменяется также и толщина металла. На рис. 3, рис. 4 и рис. 5 показаны изменения толщины металла от угла подгибки для $S=0,8$; $S=1,5$; $S=1,8$ мм, из которых следует, что при формообразовании угла до 120° происходит утонение металла в месте изгиба, при дальнейшей подгибке до 180° – утолщение.

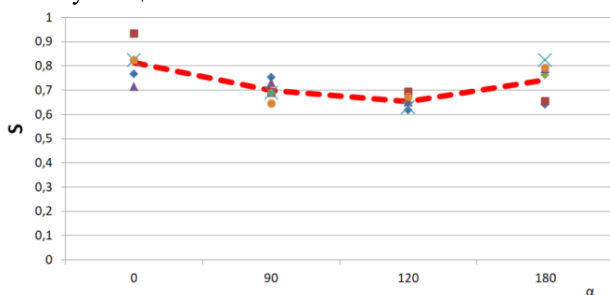


Рис. 3 – График изменения толщины «утонение-утолщение» в зависимости от угла подгибки при $S=0,8$ мм

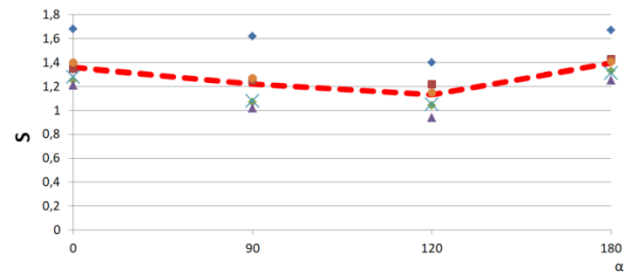


Рис. 4 – График изменения толщины «утонение-утолщение» в зависимости от угла подгибки при $S=1,5$ мм

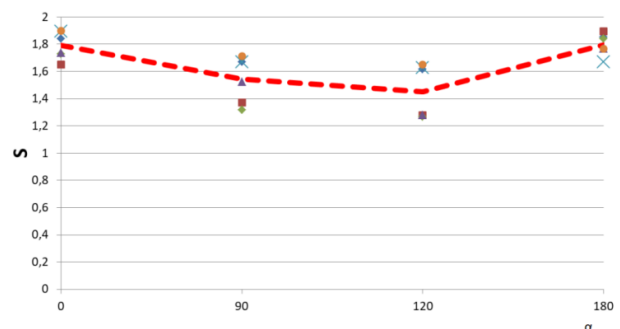


Рис. 5 – График изменения толщины «утонение-утолщение» в зависимости от угла подгибки при $S=1,8$ мм

По результатам экспериментальных исследований построен обобщенный график изменения толщины места изгиба в зависимости от угла подгибки (рис. 6).

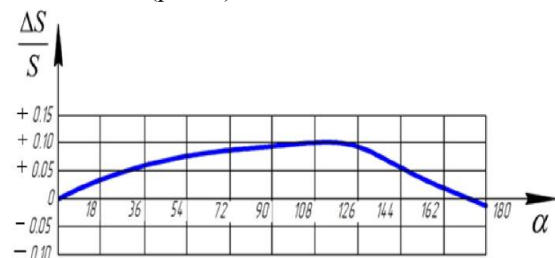


Рис. 6 – Обобщенный график зависимости изменения толщины от угла подгибки и отношения максимального утонения к толщине полосы $\left(\frac{\Delta S}{S}\right)$

Из анализа графика, представленного на рис. 6, следует, что при подгибке до 120° происходит утонение металла, которое не превышает 0,10 мм. Дальнейшее формоизменение (подгибка до 180°) приводит к утолщению металла в месте изгиба (увеличению толщины на 0,03 мм), что значительно влияет, как на расчет исходной заготовки, так и на калибровку валков. Полученный график с достаточной точностью аппроксимируется зависимостью:

$$\frac{\Delta S}{S} = k \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

где $k = 0,045$ – коэффициент, учитывающий деформированное состояние металла.

Наружная поверхность металла в месте изгиба, может быть описана кругом с радиусом R (рис. 7).

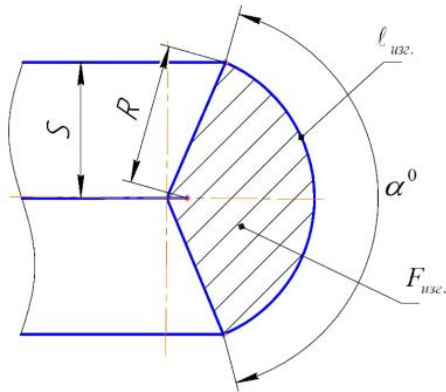


Рис. 7 – Очаг деформации места изгиба на 180°

Площадь сектора определяется по общеизвестной зависимости:

$$F_{изг.} = \frac{R^2}{2} \left(\pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right), \quad (2)$$

где R – радиус наружной поверхности места изгиба;
 α – угол сектора места изгиба.

По формуле (2) получено численное значение деформируемой площади места изгиба, для элемента двойной толщины при $S=1,75$ мм, $R=2,05$ мм, $\alpha=151^\circ$, мм²:

$$F_{изг.} = \frac{2,05}{2} \left[3,14 \frac{151}{180} - \sin(151) \right] = 5,05.$$

Зная размеры плоских участков, находим площадь металла исходной заготовки, которая соответствует участку, который вошел в место изгиба. На рис. 8 показана расчетная схема исходной и конечной заготовок.

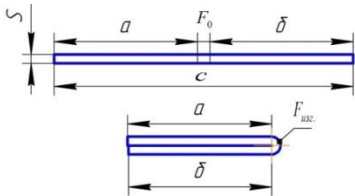


Рис. 8 – Чертеж исходной заготовки с обозначенными размерами плоских участков гнутого профиля

Найдем F_0 (при расчетной длине места изгиба l_0 толщине $S=1,75$ мм), мм²:

$$l_0 = c - (a + \delta) = 67,75 - (35,57 + 32,36) = 2,6 \text{ мм}; \quad (3)$$

$$F_0 = l_0 S = 2,6 \cdot 1,75 = 4,68. \quad (4)$$

С использованием закона постоянства объема определяем ширину места изгиба двойной толщины, для чего приравниваем найденные площади плоского участка и места изгиба:

$$F_{изг.} \approx F_0 \rightarrow 5,05 \approx 4,68. \quad (5)$$

Расчетные значения, полученные по формулам (4) и (5), показывают, что расхождение составляет 0,37 мм² (10%), что приемлемо для инженерных расчетов.

Экспериментальная длина ($l_{экс}$) в данном случае равна:

$$l_{экс} = \frac{F_{изг.}}{S} = \frac{4,61}{1,75} = 2,63. \quad (6)$$

Определим погрешность расчетов ширины исходной заготовки:

$$\Delta = \frac{l_{экс.} - l_0}{l_{экс.}} \cdot 100\% = \frac{2,63 - 2,6}{2,63} \cdot 100\% = 1,51\%, \quad (7)$$

где $l_{экс}$ – экспериментально рассчитанная длина места изгиба,

l_0 – расчетная длина места изгиба.

Полученные экспериментальные результаты для всего диапазона толщин и дальнейшего их анализа по данной методике сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов основных параметров по приведенной методике

S, мм	R, мм	α^0	$F_{изг.}$, мм ²	F_0 , мм ²	$l_{экс.}$, мм	l_0 , мм	Δ , %
0,8	1,1	130	0,9	0,88	1,13	1,1	2,65
1,5	1,75	140	3,55	3,45	2,37	2,28	2,95
1,8	2,05	150	5,05	4,68	2,63	2,6	1,51

Из табл. 1 следует, что максимальная погрешность Δ определения ширины места изгиба двойной толщины для расчета исходной заготовки не превышает 3%, что позволяет рекомендовать разработанную методику для инженерных расчетов.

2. Практические рекомендации по разработке технологии производства профилей с отбортовками

Результаты исследований формообразования гнутых профилей с отбортовками позволяют:

- уточнить методику расчета ширины исходной заготовки;
- оценивать технологичность новых профилей, подлежащих освоению;
- прогнозировать конечные размеры готовых профилей, что важно для их использования в замковых элементах.

3. Уточненная методика расчета ширины исходной заготовки.

Уточненная зависимость для расчета ширины исходной заготовки (рис. 9) может быть представлена следующим образом:

$$B_{проф.}^{конст} = \sum_{i=1}^n B_{плоск.} + \sum_{j=1}^m B_{90^0} + \sum_{\delta=1}^k B_{180^0}, \quad (8)$$

где $B_{плоск.}$ – ширина плоских участков принимается по чертежу профиля;

B_{90^0} – ширина мест изгиба на 90° определяется по общеизвестной методике;

B_{180^0} – ширина мест изгиба двойной толщины на 180°, определяется по полученной в работе зависимости:

$$B_{180^0} = \frac{\pi \alpha S}{180^0}, \quad (9)$$

где S – толщина металла;

α – угол сектора (см. рис. 1, рис. 3).

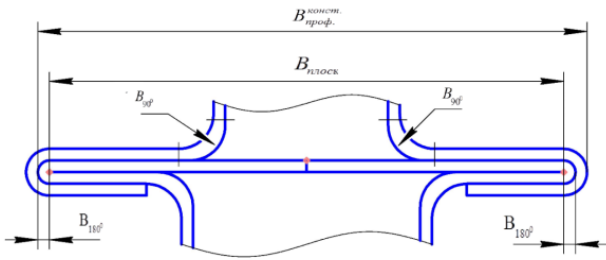


Рис. 9 – Сборная подвесная система металлоконструкции с применением гнутых профилей с элементами двойной толщины

4. Прогнозирование конечных размеров изготовленных профилей

Чертежи деталей с элементами двойной толщины в настоящее время оформляются в соответствии с подходом, приведенном на рис. 10.

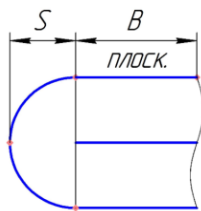


Рис. 10 – Элемент двойной толщины, используемый в конструкторской документации

В данном случае не учитывается реальная конфигурация места изгиба и фактический размер элемента двойной толщины на готовом профиле, в результате чего, при сборке гнутых профилей в замковые элементы могут возникать проблемы с обеспечением требующихся посадок.

Используемая в настоящее время формула для определения ширины готового профиля с местом двойной толщины (рис. 11) имеет следующий вид:

$$B = B_{\text{плоск.}} + 2S. \quad (10)$$

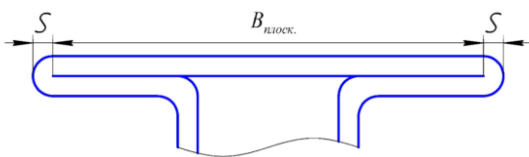


Рис. 11 – Конструкторское решение определения ширины готового профиля в используемой документации

Полученная в работе формула (4), может быть использована для уточненного расчета ширины готового профиля с элементами изгиба двойной толщины (см. рис. 12), которую можно представить в виде:

$$\Delta S = S \cdot k \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (11)$$

где $k = 0,45$ – коэффициент, учитывающий деформированное состояние металла;

S – толщина металла, мм;

α – угол сектора подгибки, град (см. табл. 1).

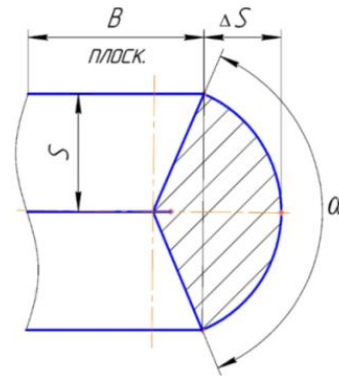


Рис. 12 – Фактическая конфигурация места изгиба двойной толщины

Исходя из изложенного выше, прогнозируемую ширину готового профиля с элементами изгиба двойной толщины (рис. 13) следует определять по зависимости:

$$B = B_{\text{плоск.}} + 2\Delta S. \quad (12)$$

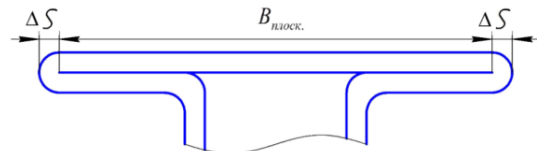


Рис. 13 – Расчетная схема для определения прогнозируемой ширины готового профиля с элементами изгиба двойной толщины

Оценка технологичности новых профилей, подлежащих освоению.

Проверка технологичности профиля включает:

- определение соответствия размеров элементов профилей (ширина элемента не менее $3S$);
- максимальных (поверхностных) деформаций в месте изгиба на 180° (двойной толщины).

Поверхностные деформации (по наружному слою металла) определяются по зависимости:

$$e_1 = \frac{l_{\text{экс.}} - l_0}{l_{\text{экс.}}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где $l_{\text{экс.}}$ – длина наружного слоя металла в месте изгиба на 180° . Определяется по разработанной методике, см. (6);

l_0 – расчетная длина исходной заготовки, см. (3).

Расчетное значение e_1 должно соответствовать неравенству

$$e_1 \leq \delta_5,$$

где δ_5 – относительное удлинение по ГОСТ (для стали Ст. 3 $\delta_5=25\%$, для стали 08кп $\delta_5=24\%$). Данный коэффициент для различных марок стали принимает соответствующие ГОСТам значения и подлежит проверке по указанному выше неравенству.

Относительное утонение ΔS (11), возникающее в месте изгиба, должно сопоставляться с параметром ГОСТа «относительное сужение» (ψ) и соответствовать следующему неравенству

$$e_3 = \Delta S \leq \psi,$$

где ψ – относительное сужение по ГОСТ (для сталей Ст. 3 и 08 кп $\psi=60\%$).

Указанный параметр относительного сужения для различных марок стали принимается соответствующим ГОСТу и подлежит проверке по приведенному выше равенству.

Выводы

1. Проведены экспериментальные исследования места изгиба на 180° , на основании которых разработаны зависимости для уточненного расчета ширины исходной заготовки и готовых профилей, подлежащих освоению.

2. Выработаны практические рекомендации для применения предложенной модели в конструкторской документации, для повышения технологичности изготовления гнутых профилей с элементами двойной толщины.

Список литературы

1. Тришевский И.С. Теоретические основы процесса профилирования / И.С. Тришевский, М.Е. Докторов. – Москва: Metallurgiya, 1980. – 288 с.
2. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. – Москва: Metallurgiya, 1980. – 456 с.
3. Тришевский О.И. Теоретический анализ формовки специальных профилей с местами изгиба на 180° / Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків. – 2009. – № 33. – С. 119–130.
4. Тришевский О.И. Анализ современного состояния производства и применения специальных профилей с местами изгиба на 180° / Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Обработка материалов давлением. Сб. науч. трудов ДГМА. – Краматорск. – 2009. – № 2 (21). – С. 227–230.
5. Тришевский О.И. Особенности технологии изготовления профиля опалубки / Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – Москва. – 2010. – № 1. – С. 14–19.
6. Тришевский О.И. Моделирование изгиба металла на 180° и исследование его деформированного состояния с использованием цифровых методов / Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків. – 2009. – № 15. – С. 71–76.
7. Плеснецов Ю.А. Разработка технологии производства профиля «Опалубка» / Плеснецов Ю.А., Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Черные металлы. – Москва. – 2010. – № 3-4. – С. 29–32.
8. Тришевский О.И. Разработка методики исследований специальных гнутых профилей с элементами изгиба на 180° и технологии их производства / Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Вісник НТУ У «КПІ». – Київ. – 2010. – № 60. – С. 212–215.
9. Тришевский О.И. Исследование возможности производства специальных гнутых профилей с элементами изгиба металла на 180° / Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Обработка материалов давлением. Сб. науч. трудов ДГМА. – Краматорск. – 2010. – № 3 (24). – С. 102–107.
10. Плеснецов Ю.А. Анализ деформированного состояния металла при изгибе / Плеснецов Ю.А., Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. // Вісник НТУ У «КПІ». – Київ. – 2011. – № 62. – С. 103–105.
11. Плеснецов С.Ю. Исследование утонений и смещения нейтрального слоя при изгибе листового металла на 180° // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків. – 2011. – № 47. – С. 69–75.
12. Плеснецов С.Ю. Исследование деформированного состояния металла при изгибе до 180° с помощью программного комплекса Deform 3D // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків. – 2012. – № 47. – С. 71–74.
13. Плеснецов С.Ю. Исследование асимметрии в очаге деформации при изгибе металла до 180° // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків. – 2013. – № 42. – С. 139–144.
14. Плеснецов С.Ю. Теоретический анализ деформированного состояния металла в местах изгиба до 180° / Плеснецов С.Ю., Тришевский О.И., // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків. – 2015. – № 24 (1133). – С. 77–86
15. Тришевский О.И. Исследование особенностей формообразования места изгиба металла до 180° /

Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. – С. 171–186. // Пластическая деформация металлов: Коллективная монография. – Днепропетровск НМЕАУ: Акцент ПП. – 2014. – С. 171–186.

References (transliterated)

1. Trishevskiy I.S. *Teoreticheskiye osnovy protsessa profilirovaniya* [Theoretical basics of profiling process] / I.S. Trishevskiy., M.E. Doktorov. – Moscow: Metallurgiya, 1980. – 288 p.
2. Gun G.Ya. *Teoreticheskiye osnovy obrabotki metallov davleniyem* [Theoretical basics of metal forming]. – Moscow: Metallurgiya, 1980. – 456 p.
3. Trishevskiy O.I. *Teoreticheskiy analiz formovki spetsialnykh profiley s mestami izgiba na 180°* [Theoretical analysis of special profile forming with curvatures up to 180°] / Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv. – 2009. – No 33. – P. 119–130.
4. Trishevskiy O.I. *Analiz sovremennoho sostoyaniya proizvodstva i primeneniya spetsialnykh profiley s mestami izgiba na 180°* [Modern state of special profile production and usage analysis with 180° curvatures] / Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Obrabotka materialov davleniyem. Sb. nauch. trudov DGMA. – Kramatorsk. – 2009. – No 2 (21). – P. 227–230.
5. Trishevskiy O.I. *Osobennosti tekhnologii izgotovleniya profilya opalubki* [Peculiarities of casing profile production technology] / Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem. – Moscow. – 2010. – No 1. – P. 14–19.
6. Trishevskiy O.I. *Modelirovaniye izgiba metalla na 180° i issledovaniye ego deformirovannogo sostoyaniya s ispolzovaniyem tsifrovyykh metodov* [Modelling the 180° metal bending and research of its deformed state using digital methods] / Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv. – 2009. – No 15. – P. 71–76.
7. Plesnetsov Yu.A. *Razrabotka tekhnologii proizvodstva profilya «Opalubka»* [Development of the “Casing” profile production technology] / Plesnetsov Yu.A., Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Chernyye metally. – Moscow. – 2010. – No 3-4. – P. 29–32.
8. Trishevskiy O.I. *Razrabotka metodiki issledovaniya spetsialnykh gnutyykh profiley s elementami izgiba na 180° i tekhnologii ikh proizvodstva* [Development of special profiles with 180° curvatures research methods and production technology] / Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Visnik NTU U «KPI». – Kiiiv. – 2010. – No 60. – P. 212–215.
9. Trishevskiy O.I. *Issledovaniye vozmozhnosti proizvodstva spetsialnykh gnutyykh profiley s elementami izgiba metalla na 180°* [Special bent profile with 180° curvatures production possibility research] / Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Obrabotka materialov davleniyem. Sb. nauch. trudov DGMA. – Kramatorsk. – 2010. – No 3 (24). – P. 102–107.
10. Plesnetsov Yu.A. *Analiz deformirovannogo sostoyaniya metalla pri izgibe* [Analysis of deformed state during bending] / Plesnetsov Yu.A., Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. // Visnik NTU U «KPI». – Kiiiv. – 2011. – No 62. – P. 103–105.
11. Plesnetsov S.Yu. *Issledovaniye utoneniy i smeshcheniya neytralnoho sloya pri izgibe listovogo metalla na 180°* [Research of thinning and neutral layer shift when bending sheet metal up to 180°] // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv. – 2011. – No 47. – P. 69–75.
12. Plesnetsov S.Yu. *Issledovaniye deformirovannogo sostoyaniya metalla pri izgibe do 180° s pomoshchyu programmnogo kompleksa Deform 3D* [Research of metal deformed state during 180° bending using Deform 3D program complex] // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv. – 2012. – No 47. – P. 71–74.
13. Plesnetsov S.Yu. *Issledovaniye asimmetrii v ochage deformatsii pri izgibe metalla do 180°* [Deformation center asymmetry in case of 180° bending research] // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv. – 2013. – No 42. – P. 139–144.
14. Plesnetsov S.Yu. *Teoreticheskiy analiz deformirovannogo sostoyaniya metalla v mestakh izgiba do 180°* [Theoretical analysis of metal deformed state in 180° bending areas] / Plesnetsov S.Yu., Trishevskiy O.I. // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv. – 2015. – No 24 (1133). – P. 77–86
15. Trishevskiy O.I. *Issledovaniye osobennostey formoobrazovaniya mesta izgiba metalla do 180°* [Research of 180° bending area forming peculiarities] / Trishevskiy O.I., Plesnetsov S.Yu. – P. 171–186. // Plasticheskaya deformatsiya metallov: Kollektivnaya monografiya. – Dnepropetrovsk NMEAU: Aktsent PP. – 2014. – P. 171–186.

Поступила (received) 13.10.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Методика визначення ширини вихідної заготовки для спеціальних гнутих профілей з елементами подвійної товщини при проектуванні та контролі / С. Ю. Плеснецов, // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – №43(1265). – С. 24–29 – Библиогр.: 15 назв.– ISSN 2519-2671

Методика определения ширины исходной заготовки для специальных гнутых профилей с элементами двойной толщины при проектировании и контроле / С. Ю. Плеснецов, // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – №43(1265). – С. 24–29 – Библиогр.: 15 назв.– ISSN 2519-2671

Method of initial blank width determining for special bent profiles with the elements of double thickness in design and testing / S. Yu. Plesnetsov, // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Innovative technologies and equipment of materials processing in engineering and metallurgy. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. – No 43(1265). – P. 24–29. – Bibl.: 15. – ISSN 2519-2671

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Плеснецов Сергій Юрійович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Комп'ютерні та радіоелектронні системи контролю та діагностики», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: (050) 841-30-09; e-mail: s.plesnetsov@gmail.com.

Плеснецов Сергей Юрьевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Компьютерные и радиоэлектронные системы контроля и диагностики», Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: (050) 841-30-09; e-mail: s.plesnetsov@gmail.com.

Plesnetsov Sergey Yuriyovych – PhD, Senior Lecturer of the Department "Computer and Radioelectronic Systems for Testing and Diagnostics", National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", tel.: (050) 841-30-09; e-mail: s.plesnetsov@gmail.com.