

**Кухарь В.В.,
Нагнибеда Н.Н.**

ГВУЗ «Приазовский государственный
технический университет»,
г. Мариуполь, Украина
E-mail: kvv_mariupol@mail.ru

ИСПЫТАНИЕ АРМИРУЮЩИХ ПРОФИЛЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПРОЧНОСТНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

УДК 624.12-14:621.7

Выполнен анализ основных способов и технологий производства армирующих профилей открытого сечения и с эколого - экономической точки зрения обоснована рациональность изготовления стальных холодногнутых профилей способом последовательного профилирования в валках. Разработана методика испытаний прочностных и геометрических характеристик гнутых профилей измененной конфигурации. Использовано стандартное испытательное оборудование и методы графо - аналитического определения физико - геометрических показателей. Определены геометрические и прочностные показатели стальных гнутых профилей новой конфигурации, как основные прямо - сдаточные характеристики продукции. Утверждается, что изменение конструкции профиля не требует существенных изменений технологии, однако геометрические отклонения будут более чувствительны к точности настройки стана.

Ключевые слова: стальной армирующий профиль, открытое сечение, профилирование в валках, испытания, изгиб, кручение, растяжение, геометрические и прочностные характеристики.

Введение

Армирующий профиль представляет собой стальной оцинкованный элемент различного сечения в виде замкнутого или незамкнутого контура. Профиля замкнутого контура используют в железобетонных изделиях. Профиля незамкнутого контура служат для усиления жесткости конструкций из поливинилхлорида (ПВХ): окон, дверей, перегородок. Незамкнутый контур необходим для компенсации изменения размеров профиля при изменении температуры, т.к. металл и пластик неодинаково расширяются или сужаются при изменении температуры окружающей среды. Для изготовления армирующего профиля используется штрипс различной толщины (от 0,8 до 2,5 мм и более). Существует множество видов армирующих профилей, каждый из них предназначен для определенного вида конструкций ПВХ - профиля и имеет свою форму и свои размеры [1].

Анализ последних исследований и публикаций

Армирующие профили производят способами прессования и прокатки. Для прессования профилей, длина которых составляет по стандартам 6 м (3 и 12 м по специально оговоренным требованиям), используют горизонтальные гидравлические трубо - профильные и прутково-профильные прессы [2]. Эти способы изготовления профилей требуют использования мощного энергоемкого оборудования, а материал – необходимого нагрева до температур пластической деформации. Кроме того, прессование характерно для процессов производства профилей только из цветных металлов и сплавов.

Основными характеристиками гнутых профилей являются геометрические и прочностные параметры. В качестве базовых прочностных характеристик используют предел текучести и предел прочности материала до и после деформации. Геометрические характеристики: площадь поперечного сечения, осевой, полярный, центробежный моменты инерции и др. [3 - 5]. Для получения данных о значениях прочностных характеристик назначается ряд испытаний, а именно: испытание на растяжение (для армирующих профилей), кручение, изгиб и др. Для получения информации о геометрических характеристиках проводят физико - геометрический анализ поперечных сечений профилей [6].

Наиболее целесообразным является производство профилей методами прокатки - последовательной формовки в валках [7]. Изготовление холоднокатаных гнутых профилей не требует использования энергоемкого нагревательного оборудования, что делает данный тип производства предпочтительным так же с точки зрения минимизации вредного влияния на окружающую среду. Отечественными и зарубежными производителями армирующих профилей представлен широкий ассортимент продукции, однако исходный штрипсовый материал имеет непредсказуемые и значительные расхождения по диапазону допускаемых отклонений толщины. Кроме того, заказчики, по ряду технических причин, могут изменять и дорабатывать конструкции требуемых профилей. Это вынуждает производителей выполнять испытания и вносить коррективы в каталоги и технологическую схему для обеспечения требуемых геометрических и прочностных характеристик готовой продукции.

Цель работы и постановка задач исследования

Целью работы является проведение испытаний образцов для определения прочностных и геометрических характеристик армирующих профилей открытого типа, оценки их несущей способности и разработки рекомендаций по усовершенствованию их формы и технологии их изготовления. Для достижения этой цели следует, на основе анализа способов и технологий производства армирующих профилей, разработать методику испытаний, определить геометрические и прочностные характеристики армирующих профилей открытого типа, выполнить анализ результатов и предложить общие технологические рекомендации по производству армирующих профилей открытого типа.

Изложение основного материала

Стальной элемент размещается в середине ПВХ - профиля и предназначается для предания жесткости и прочности оконной конструкции, противостояния эксплуатационным нагрузкам (рис. 1).

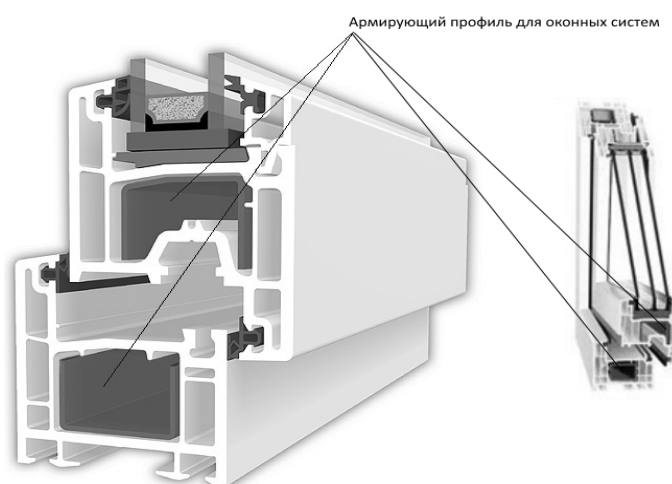


Рис. 1 – Примеры расположения армирующих профилей для оконных систем [8]

На одном из ведущих частных предприятий г. Мариуполя армирующие профили различной конструкции (для оконных систем типа Rehau, KBE, Veka, Alumplast, VENTA, KOMMERLING, Экопласт) изготавливают методом последовательного профилирования. В состав линий изготовления армирующих профилей входят: размотчик, механизм контроля петли, стан прокатный профилирующий, набор сменных калибровок, ножницы профильные, шкаф управления Retal, пульт управления, приемный стол. Производительность линии – 1100 погонных метров в час. Линии могут укомплектовываться ножницами "летучий рез", что увеличивает производительность линий до 40 ... 50 погонных метров в минуту. Допускается деформирование ленты толщиной 1,2 ... 2,0 мм, шириной 80 ... 400 мм.

Производство гнутых профилей холодной прокаткой существенно расширяет технологические возможности способа и позволяет менять конфигурацию профиля в зависимости от технических требований, требований заказчика, геометрических изменений в исходном сырье и т.д. Так предприятию, использующему, в основном, в качестве исходного сырья рулоны цеха холодного проката ПАО «ММК им. Ильича», необходимо было освоить прокатку профиля измененной конструкции к оконным системам Veka. Профиля окон Veka, которые, в соответствии с каталогом, имеют толщину 1,5 мм и конфигурацию, приведенную на рис. 2 и рис. 3, были изменены. Новые конфигурации профилей приведены на рис. 4 и рис. 5, причем здесь толщина металла составляет 1,4 мм. Материал – сталь 0,8пс ГОСТ 1050.

Испытания и необходимые расчеты были выполнены в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ, ИСО), определяющими порядок проведения экспериментальных исследований профилей на изгиб, кручение и растяжение, а также согласно методикам, изложенным в специальной технической литературе по сопротивлению материалов [6 - 9]. Опыты проведены с использованием стандартного испытательного оборудования: машин УММ-10, УММ-20 (Р-20), а также мерительного инструмента прошедших метрологическую проверку в установленные сроки.

Для испытания армирующих профилей на кручение использована испытательная машина, установленная в лаборатории кафедры сопротивления материалов, развивающая крутящий момент до 500 Н*м (100 кг нагрузки на 0,5 м плеча). При этом обеспечивается свободное кручение образцов без дополнительных нагрузок в течение всего процесса испытания; центрирование образцов в захватах с несомножностью не более 0,1 мм на каждые 100 мм; плавность статического нагружения; изменение нагрузки с

погрешностью, не превышающей ± 1 % от величины измеряемой нагрузки, начиная с 0,2 наибольшего значения каждого диапазона, но не ниже 0,04 предельной нагрузки; возможность нагружения с точностью до одного наименьшего деления шкалы силоизмерителя, а также сохранение постоянства показаний силоизмерителя в течение не менее 30 секунд и измерение угла закручивания с погрешностью, не превышающее 1 градус. Данные характеристики находятся в соответствии с требованиями, предъявляемыми ГОСТ 3565-80 «Металлы. Метод испытания на кручение».

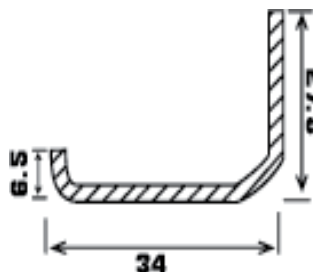


Рис. 2 – Профиль КСА 34 × 27,8 × 6,5 Века 113229 без подгиба (по каталогу)

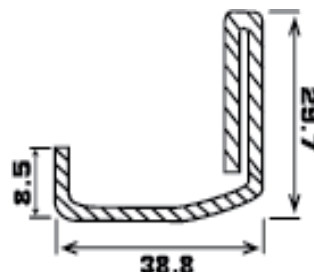


Рис. 3 – Профиль КСА 38,8 × 29,7 × 20 × 8,5 × 1,5 С Века 113,292 (1.5) (по каталогу)

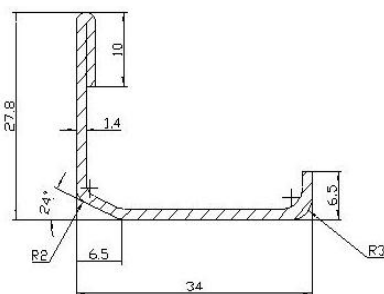


Рис. 4 – Доработанный профиль КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С

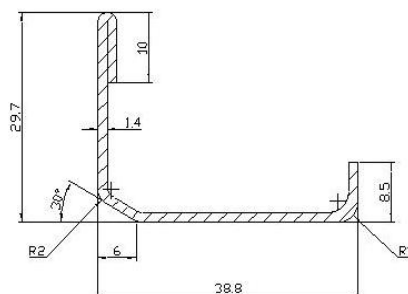


Рис. 5 – Доработанный профиль КСА 38,8 × 29,7 × 10 × 8,5 × 1,4 С

Соответственно, испытания на кручение и изгиб выполняли по методикам ГОСТ 3565-80 «Металлы. Метод испытания на кручение» и ГОСТ 14019-80 (ИСО 7438-85) «Металлы. Методы испытания на изгиб» на профилях длиной 340 мм в состоянии их поставки (без выреза специализированных образцов), т.е. в соответствии с требованиями ГОСТ 7564-97 «Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний» и ГОСТ 11474-76 «Профили стальные гнутые. Технические условия».

В результате испытания профиля КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С на кручение и обработки результатов измерений в соответствии методикой, изложенной в ГОСТ 3565-80 «Металлы. Метод испытания на кручение», получена нагрузочная диаграмма закручивания, которая перестроена в соответствии с требованиями заказчика для наглядной демонстрации величины угла закручивания, приходящегося на 1 мм длины профиля. Данная характеристика приведена на рис. 6. Кроме того, исследовано изменение момента инерции при кручении в зависимости от угла закручивания (рис. 7). Следует отметить, что резкое падение значения момента инерции при закручивании профиля на относительный угол свыше 0,05 град/мм (т.е. больше наблюдаемого стабильного показателя) связано с вовлечением сечения профиля в пластическую область.

Испытание профилей на изгиб проводили в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 14019-80 (ИСО 7438-85) «Металлы. Методы испытания на изгиб». При этом величины опор и гнущих оправок подбирали, исходя из длины поставленных образцов профилей, которая составляла 340 мм. Таким образом, используемые диаметры оправок составляли 40 мм, а диаметры опор – 50 мм для обеспечения условий чистого изгиба. Расчетное расстояние между опорами составило 260 мм. Учитывая, что профиль несимметричный, проводили его испытания на изгиб при приложении силы вдоль полки с максимальным размером и поперёк полки с максимальным размером. Результаты испытаний после их обработки, представленные в виде графиков рис. 8 и рис. 9, показывают величину прогиба в миллиметрах, отнесенного к метру длины профиля при определенном его положении.

Отмечается более быстрая потеря несущей способности профиля при приложении изгибающей нагрузки перпендикулярно плоскости полки с максимальным размером, причем профиль в данном положении выдерживает нагрузку по изгибающему моменту, на 46 % меньшую, чем при деформировании вдоль плоскости полки с максимальной шириной.

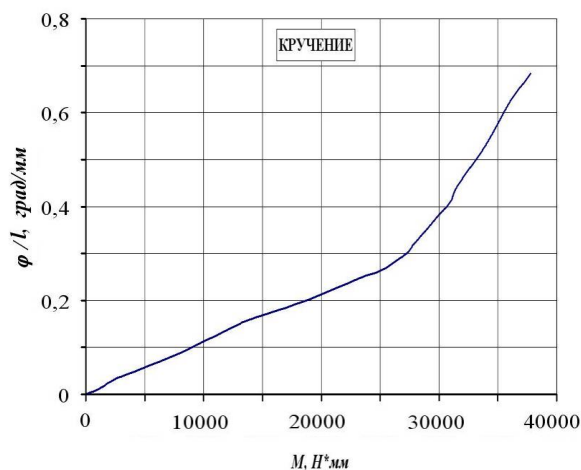


Рис. 6 – Изменение относительного угла закручивания профиля КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С в зависимости от величины крутящего момента при испытании

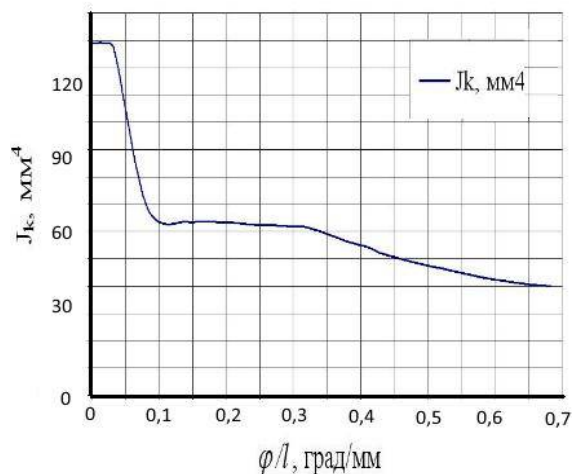


Рис. 7 – Изменение момента сопротивления при кручении в зависимости от величины относительного угла закручивания профиля КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С

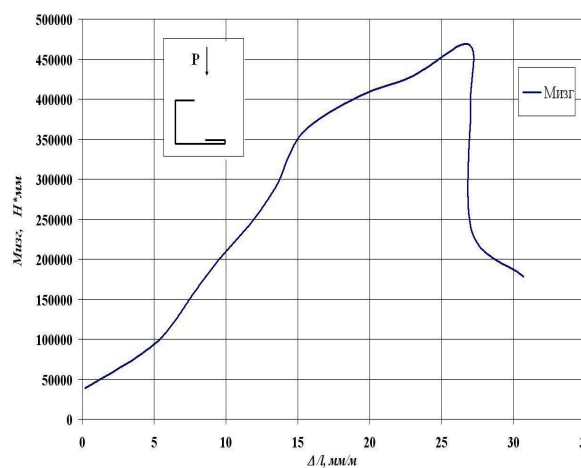


Рис. 8 – Изменение изгибающего момента в зависимости от величины относительного прогиба профиля КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С при нагружении вдоль стенки с максимальным размером

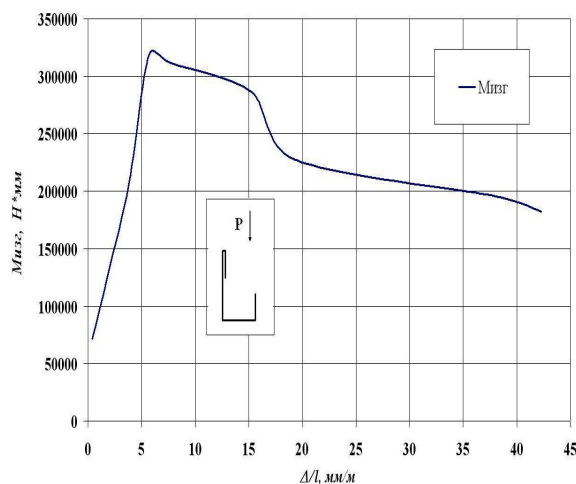


Рис. 9 – Изменение изгибающего момента в зависимости от величины относительного прогиба профиля КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С при нагружении поперёк стенки с максимальным размером

Для определения прочностных характеристик материала профиля были проведены испытания на растяжение плоских образцов, вырезанных в соответствии с требованиями ГОСТ 7564-97 «Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний» от боковой плоской полки, причем боковая поверхность полки совпадала с боковой поверхностью образца. Плоские образцы имели размеры поперечного сечения 1,4 × 10,1 мм, при этом длина растягиваемой части составляла 76 мм, что было больше минимально допустимой длины по ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) «Металлы. Методы испытаний на растяжение» и ГОСТ 11150-84 «Методы испытания на растяжение при пониженных температурах» и находилось в соответствии с требуемыми нормативными документами.

В результате обработки диаграмм растяжения материала, приведенных на рис. 10, выявлены следующие показатели: относительное удлинение $\delta = 16 - 18 \%$, относительное сужение $\psi = 43 - 56 \%$, предел текучести $\sigma_m = 240 - 270$ МПа, временное сопротивление разрыву $\sigma_e = 460 - 480$ МПа.

Расчеты геометрических характеристик поперечных сечений армирующих профилей проводили в соответствии с источником [9]. При этом сечение профиля разбивали на простые фигуры с поиском центра масс каждой и графоаналитическим вычислением расстояний центров масс до произвольно проведенных осей. После вычисления координат центра масс и площади поперечного сечения профиля определяли величины таких характеристик, как радиусы инерции, осевые моменты инерции, полярные, главные и центробежные моменты инерции, моменты сопротивления профиля на изгиб в различных на-

правлениях, а так же моменты инерции и сопротивления при кручении. Данные характеристики подтверждены экспериментально. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

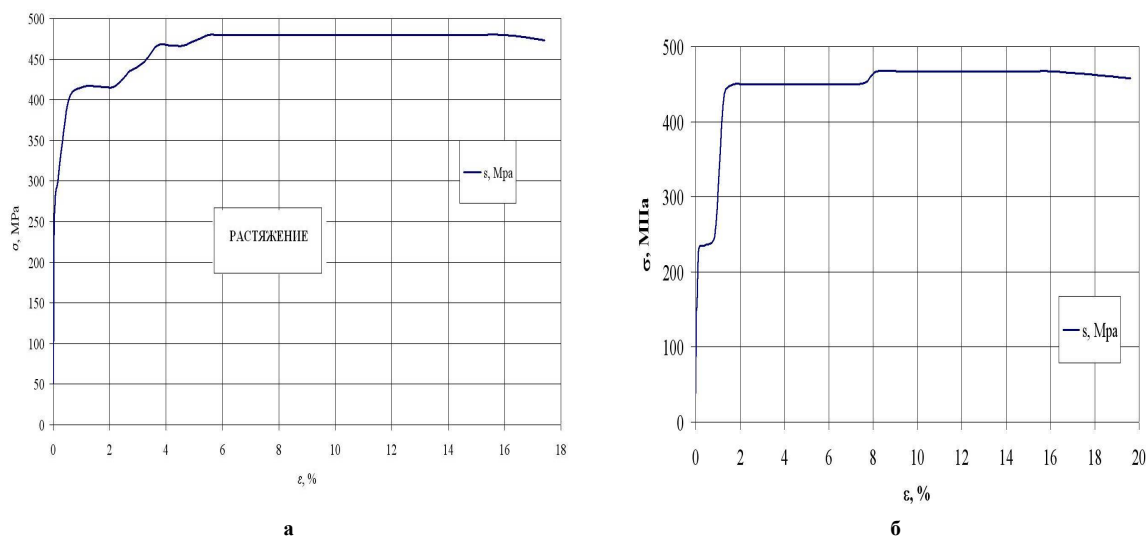


Рис. 10 – Диаграммы растяжения плоских образцов, вырезанных из профиля КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С

Таблица 1

Геометрические характеристики гнутых профилей новой конфигурации

Характеристики	Профиль КСА 34 × 27,8 × 10 × 6,5 × 1,4 С	Профиль КСА 38,8 × 29,7 × 10 × 8,5 × 1,4 С
Площадь поперечного сечения	100,4 мм ²	111,6 мм ²
Координаты центра тяжести	$x_c = 10,87$ мм, $y_c = 8,75$ мм	$x_c = 12,8$ мм, $y_c = 9,0$ мм
Главные оси инерции	$\alpha_1 = -37,7^\circ$; $\alpha_2 = 52,3^\circ$	$\alpha_1 = -35,4^\circ$; $\alpha_2 = 54,6^\circ$
Радиусы инерции	$i_x = 1,13$ см, $i_y = 0,92$ см, $i = 1,46$ см	$i_x = 1,28$ см, $i_y = 0,98$ см, $i = 1,61$ см
Осевые моменты инерции	$J_x = 1,2811$ см ⁴ , $J_y = 0,8463$ см ⁴	$J_x = 1,8272$ см ⁴ , $J_y = 1,0778$ см ⁴
Полярный момент инерции	$J_p = 2,1273$ см ⁴	$J_p = 2,9051$ см ⁴
Центробежный момент инерции	$J_{xy} = 0,8315$ см ⁴	$J_{xy} = 1,0778$ см ⁴
Главные моменты инерции (относительно главных осей инерции)	$J_{\max} = 1,9231$ см ⁴ , $J_{\min} = 0,2042$ см ⁴	$J_{\max} = 2,5936$ см ⁴ , $J_{\min} = 0,3115$ см ⁴
Моменты сопротивления при изгибе	$W_{x1} = 0,554$ мм ³ , $W_{x2} = 1,179$ мм ³ , $W_{y1} = 0,444$ мм ³ , $W_{y2} = 0,967$ мм ³	$W_{x1} = 0,703$ мм ³ , $W_{x2} = 1,427$ мм ³ , $W_{y1} = 0,521$ мм ³ , $W_{y2} = 1,195$ мм ³
Момент инерции при кручении	$J_k = 0,0129$ см ⁴	$J_k = 0,0138$ см ⁴
Момент сопротивления при кручении	$W_k = 0,046$ см ³	$W_k = 0,049$ см ³

Полученные геометрические характеристики внесены в каталог сопровождения доработанных конструкций профилей. Их производство не требует изменения количества переходов гибки и клетей стана, однако требует более точной его настройки для соблюдения технических условий по допустимым геометрическим отклонениям, которые, ввиду уменьшения толщины, становятся жестче. В перспективе не сложно определить экономию материала на погонный метр профиля.

Выводы

1. Выполнен анализ назначения, основных способов и технологий производства армирующих профилей открытого сечения, и показана экономико-экологическая обоснованность изготовления холодногнутой профилей способом последовательного профилирования в валках.

2. Разработана методика испытаний и определения прочностных и геометрических характеристик гнутых профилей измененной конфигурации. При этом достаточным оказалось использование стандартного испытательного оборудования и методов графо - аналитического определения физико - геометрических показателей.

3. Определены геометрические и прочностные показатели стальных гнутых профилей новой конфигурации, как основные приемо - сдаточные характеристики технологии их производства. Изменение конструкции профиля не требует существенных изменений технологии, однако геометрические отклонения будут более чувствительны к точности настройки стана.

Литература

1. Армирующий профиль [Электронный ресурс]. – режим доступа: // <http://www.industry-ukraine.com.ua/armiryushhiy-profil>

2. Данченко В.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. Теория и технология / В.Н. Данченко, А.А. Миленин, А.Н. Головки. – Днепропетровск : ДНВП "Системные технологии", 2001. – 448 с.

3. Локотунина Н.М. Совершенствование технологии производства холодногнутой профилей с улучшенными эксплуатационными свойствами для дорожных ограждений автомагистралей : дисс. ... канд. техн. наук : 05.16.05 / Локотунина Наталья Михайловна. – Магнитогорск, 2001. – 136 с.

4. Синельников А.С. Прочность просечно-растяжного профиля / А.С. Синельников // Инженерно-строительный журнал. – № 5. – 2015. – С. 74-115.

5. Moen C.D. Experiments on cold-formed steel columns with holes / C.D. Moen, B.W. Schafer // Thin-Walled Structures, 2008. – No. 46. – pp. 1164-1182.

6. Ободовский Б.А. Сопротивление материалов в примерах и задачах. Учеб. пособие. 4-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Ободовский, С.Е. Ханин. – Харьков: Харьк. ун-т, 1981. – 344 с.

7. Мищенко О.В. Производство гнутых профилей с отбортовками в роликах методом интенсивного деформирования : монография / О.В. Мищенко, В.И. Филимонов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 122 с.

8. Армирующий профиль для оконных систем [Электронный ресурс]. – режим доступа : // <http://mimege.ru/search/profil-armiryushchiy>

9. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський. За ред. Г.С. Писаренка. – К. : Вища школа, 1993. – 655 с.

Поступила в редакцію 25.12.2015

Kukhar V.V., Nagnibeda N.N. **The testing of reinforced profiles and determination of they durability and geometrical properties.**

The paper presents key methods and technologies for the production of reinforcing profiles of open cross-section with the ecological - economic perspective is justified by the rationality of the manufacture of cold - formed steel profiles is the sequential profiling in the rolls method. Were developed method of testing strength and geometric characteristics of the bent profiles with modified configuration. Used standard test equipment and methods graph-analytical determination of physical and geometrical parameters. Geometric and strength characteristics of steel roll-formed profiles with new configuration discribed a basic acceptance of the product characteristics. It is describes that the changing profile design does not require significant technology changes, but the geometric deviation are more sensitive to the accuracy of the mill setup.

Keywords: steel reinforcing profile, open section, profiling in rolls, testing, bending, torsion, tension, geometrical and strength characteristics.

References

1. Armiruyuschiy profil, Url: // <http://www.industry-ukraine.com.ua/armiruyushhiy-profil>
2. Danchenko V.N., Milenin A.A., Golovko A.N. Proizvodstvo profiley iz alyuminievyyh splavov. Teoriya i tehnologiya, Dnepropetrovsk : DNVP "Sistemnyie tehnologii", 2001, 448 p.
3. Lokotunina N.M. Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva holodnognutyyh profiley s uluchshennymi ekspluatatsionnymi svoystvami dlya dorozhnyih ograzhdeniy avtomagistraley : diss. kand. tehn. nauk : 05.16.05, Lokotunina Natalya Mihaylovna. Magnitogorsk, 2001, 136 p.
4. Sinelnikov A.S. Prochnost prosechno-rastyazhnogo profilya, Inzhenerno-stroitelnyiy zhurnal. N 5. 2015, p. 74-115.
5. Moen C.D., Schafer B.W. Experiments on cold-formed steel columns with holes, Thin-Walled Structures, 2008, No. 46. pp. 1164-1182.
6. Obodovskiy B.A. Khanin S.E. Soprotivlenie materialov v primerah i zadachah. Ucheb. posobie. 4-e izd., pererab. i dop., Kharkov: Khark. un-t, 1981, 344 p.
7. Mischenko O.V., Filimonov V.I. Proizvodstvo gnutyyh profiley s otbortovkami v rolukah metodom intensiv-nogo deformirovaniya : monografiya, Ulyanovsk: UIGTU, 2011, 122 p.
8. Armiruyuschiy profil dlya okonnyih sistem, Url: // <http://mimege.ru/search/profil-armiruyushchiy>
9. Pisarenko G.S., Kvitka O.L., Umanskiy E.S. Opir materialiv,. Za red. G.S. Pisarenka. K. : Vischa shkola, 1993, 655 p.