

УДК 621.981.002.237

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ СЕЛЬХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЦЕПОВ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЁМКОСТИ ПРОДУКЦИИ**

**Тришевский О.И.** докт. техн. наук, проф., **Туев А.В.**, студент, **Петрук**

**Р.Ю.**, студент

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П.Василенко, ХНТУСХ)

In the examples of application rolled formed sections structures for trailers shown that one of the main ways to reduce metal consumption of manufactured agricultural machinery is to increase the strength properties of the structural elements of which it is made. The technology even improve the mechanical properties of the entire cross section formed sections forming due to their flat areas through small corrugations. The results of studies confirming the improvement of the mechanical properties of the finished profiles.

### **Введение**

Среди основных технических и технологических требований, предъявляемых к сельскохозяйственной технике в настоящее время и на ближайшие десятилетия, были и остаются требования, связанные с ресурсосбережением при её производстве и экономичностью в эксплуатации. В частности, конструкторам и производителям ставится задача по снижению металлоёмкости выпускаемой продукции до 5 – 10%, что, в свою очередь, обеспечивает выполнение двух других важнейших эксплуатационных требований – это уменьшение давления техники на почву и снижение расхода топлива до 20%.

Выполнение этой важнейшей задачи неразрывно связано с широким внедрением в конструкциях сельскохозяйственных машин и механизмов прогрессивных и эффективных видов конструкционных материалов. Одним из наиболее эффективных видов таких материалов, широко применяющихся в различных видах сельскохозяйственной техники, являются гнутые профили проката, в том числе их специальные экономичные виды.

### **Цель работы**

Целью данной работы является рассмотрение возможности снижения металлоёмкости сельскохозяйственной техники за счёт расширения сортамента и повышения прочностных свойств одного из основных видов конструкционных элементов, используемых при её изготовлении – гнутых профилей проката.

### **Задачи работы**

Исследование на примере гнутых профилей, применяющихся в конструкциях сельскохозяйственных прицепов, реального локального повышения прочностных характеристик металла за счёт наклёпа в местах изгиба. Разработка технологии, обеспечивающей повышение этих же характеристик на плоских, не деформированных участках профилей, выравнивание за счёт этого повышенных мехсвойств профилей по всему сечению и обеспечение возможности снижения металлоёмкости сельскохозяйственных прицепов за счёт применения нового сортамента эффективной металлопродукции.

### **Результат исследования**

Сельскохозяйственное машиностроение Украины является наукоемкой отраслью с высокой добавленной стоимостью – в стране производятся современные зерно- и кормоуборочные комбайны, энергонасыщенные тракторы сельскохозяйственного назначения, многофункциональные посевные комплексы и другая востребованная селом техника.

Развитое сельскохозяйственное машиностроение, выпускающее упомянутую технику, является индикатором развития АПК любой страны. В то же время, необеспеченность отрасли необходимым количеством сельскохозяйственной техники является серьезным барьером для развития сельского хозяйства.

В Украине доля сельскохозяйственных угодий в общей структуре земель составляет 70%, пахотных земель - свыше 55%, что является одним из самых высоких показателей в Европе и мире [1]. А потому, будущее сельского хозяйства Украины – в использовании высокопроизводительных и высокоэффективных технологий, осуществляемых с применением современной сельхозтехники, которые в свою очередь, являются основой для достижения конкурентоспособности украинского продовольствия.

Гнутые профили проката самого широкого сортамента от обычных сортовых, до листовых гофрированных и специальных успешно применяются практически во всех конструкциях сельскохозяйственных машин различного назначения: комбайнах, жатках, косилках, колёсных и гусеничных тракторах, культиваторах, сеялках, плугах,

стогометателях, скирдоформителях, самоходных шасси, кормораздатчиках, зерноочистительных машинах, машинах для защиты растений от вредителей и болезней, силосорезках, автопоилках, свекло- и картофелеуборочных машинах, луцильниках, разбрасывателях удобрений, тележках, прицепах и многих других для изготовления рам, балок, поперечин, связей кронштейнов, опор, консолей, стоек, распорок, крыш, настилов, обшивок бортов, направляющих и т.д. В некоторых машинах их весовая доля может достигать до 60%. К одному из таких видов сельхозтехники относятся автотракторные прицепы различного предназначения (Рис. 1).

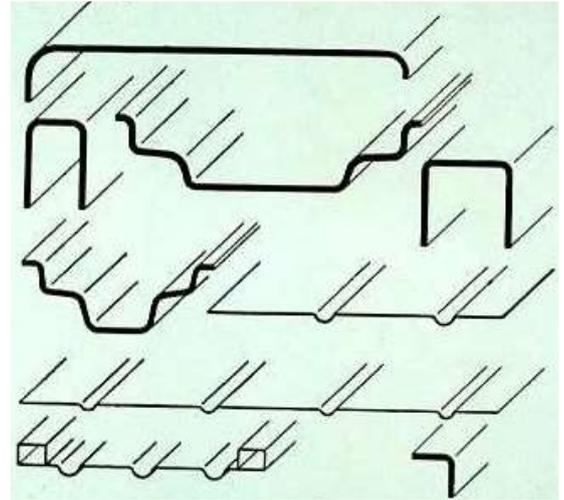


Рис. 1. Тракторный самосвальный прицеп ТСП-10 с трехсторонней разгрузкой к тракторам МТЗ-82, грузоподъемностью 8 т и некоторые виды гнутых профилей, применяющихся в его конструкции

Работа большого или малого сельского хозяйства связана с транспортировкой грузов малыми или большими партиями, что зависит от масштабов предприятия: тут и корма для скотины, солома под постилку, лекарственные препараты, которые требуются в немалых количествах, это и растения, саженцы и т.д.

Во многом различия конструкций сельскохозяйственных прицепов зависят от типа перевозимого груза. Наиболее широко сельскохозяйственные прицепы используются для перевозки сыпучих кормов, зерновых, комбикормов. Существуют специальные типы прицепов для перевозки корнеплодов, сельскохозяйственной химии, такой как удобрения или других сыпучих грузов. Применяются в хозяйствах прицепы для перевозки птиц и всевозможных животных; универсальные сельскохозяйственные прицепы.

Прицепы могут сильно различаться по типу исполнения, каждый из которых имеет узкое предназначение для перевозки определённого груза, по грузоподъёмности – от малых прицепов для индивидуальных хозяйств до большегрузных для крупных агропромышленных комплексов. Прицепы могут быть с бортовой конструкцией, тентовым покрытием, шторные и со сдвижным тентом и крышей. Многие полуприцепы имеют самосвальный тип разгрузки, такой тип конструкции позволяет быстро разгружать сыпучие и навалынные грузы.

Следует отметить широкое представительство на украинском рынке сельхозприцепов как отечественных производителей, так и зарубежных (в основном, это Германия, Австрия, Польша).

Во всех типах прицепов различного предназначения и конструкции имеется три основных узла. Это рама с подвеской, каркас кузова и обшивки кузова прицепов. Во всех этих основных узлах прицепов самое широкое применение находят гнутые профили: сортовые и специального назначения в конструкциях рамы и каркаса кузова и листовые гофрированные - в конструкциях обшивки бортов. В качестве материала для изготовления гнутых профилей, в зависимости от предназначения и условий эксплуатации прицепов, используются углеродистые, конструкционные и низколегированные марки сталей.

В сорimente сортовых гнутых профилей, используемых в конструкциях рам и каркасов прицепов, применяется металл толщиной от 3,0 до 6,0-8,0 мм. Обшивки бортов и настилы пола прицепов изготавливаются из листового металла толщиной от 1,0 мм до 4,0 мм.

Обращает внимание применение для обшивки бортов большегрузных прицепов для перевозки грузов строительного и сельскохозяйственного назначения фирмы Pronar профилей из износостойкой стали Хардокс (Hardox) и листовых профилей из конструкционной стали особой прочности Weldox, выпускаемой шведской компанией с 1974 года.

Используя профили из этой стали (Hardox) можно добиться снижения веса изделия, что положительно сказывается на эксплуатационных характеристиках прицепа. Тонкий лист с сочетанием твердости, вязкости и конструкционной прочности дает возможность создать более крупные грузонесущие устройства, а тем самым увеличить грузоподъёмность машины. Профили из стали Хардокс (Hardox) выдерживают более тяжелые нагрузки и снижают затраты на одну тонну груза. Однако, стоимость прицепов, изготовленных из профилей из высокопрочной и износостойкой стали, существенно выше стоимости обычных прицепов.

Широкое применение гнутых профилей проката в конструкциях сельскохозяйственной техники, в т.ч. в рассматриваемых нами конструкциях прицепов объясняется высокой технико-экономической эффективностью их использования. Метод гибки в вальках даёт возможность получать фасонные профили с наиболее рациональным

распределением металла по сечению и в связи с этим с максимальной жёсткостью и прочностью их при минимальном расходе металла. Кроме того, процесс профилирования осуществляется в холодном состоянии, не требует специального оборудования для нагрева, и сопровождается повышением механических свойств металла в местах подгибки вследствие наклепа.

Результаты исследования этого явления приведены в работе [1]. Величина упрочнения зависит от ряда факторов, основными из которых являются механические свойства профилируемого металла [2], углы изгиба и радиусы изгиба [3]. Для разработки новых более эффективных и менее металлоемких видов машин и механизмов, а также при разработке технологических процессов изготовления новых видов гнутых профилей нужно правильно учитывать указанные технологические и конструктивные особенности этого эффективного вида металлопродукции.

Исследования распределения упрочнения по поперечному сечению профилей [4] показало, что распространяется это явление лишь на участки подгибки и быстро уменьшается до значений мехсвойств исходной заготовки на плоских, прилегающих к месту изгиба участках. На плоских участках между радиусами изгиба, т.е. на недеформированных участках профиля упрочнение не наблюдается.

Характер изменения механических свойств одинаков для всех исследованных марок сталей. С увеличением суммарного угла изгиба предел прочности и предел текучести в местах изгиба возрастают, причем, последний более интенсивно, а относительное удлинение уменьшается. Однако, интенсивность изменения этих характеристик неодинакова и зависит от марки стали. Так, изменение предела прочности в местах изгиба профилей из стали 08кп, 25пс и СтЗсп по сравнению с заготовкой составляет 38-40%, из стали 20кп и 09Г2 – 31-34%, из стали 08Х13 и 10Г2Б – всего 15-23%. Изменение предела текучести составляет соответственно 72-84%, 57-67% и 28-38%, относительное удлинение уменьшается на 70-75% на профилях из углеродистой стали и на 40-60% у профилей из легированной.

Сопоставление интенсивности упрочнения стали в процессе профилирования с её свойствами в исходном состоянии позволяет разделить все исследованные стали на три группы. К первой группе следует отнести пластичные стали с невысокими прочностными свойствами (предел текучести до 400МПа и относительное удлинение более 30%), которые в процессе профилирования упрочняются наиболее интенсивно. Ко второй группе относятся стали с пределом прочности до 500 МПа и относительным удлинением 23-30%, к третьей – высокопрочные, малопластичные стали с пределом прочности более 500 МПа и относительным удлинением менее 20%, упрочнение которых является минимальным.

Однако, вследствие того, что повышение механических характеристик металла при профилировании происходит лишь на локальных участках - в местах изгиба профилей и не распространяется на их плоские участки, дополнительным резервом снижения металлоёмкости сортамента производимых гнутых профилей является равномерное повышение их мехсвойств по всему сечению профилей. Такое равномерное повышение мехсвойств можно достичь тремя способами: легированием стали при выплавке, термической обработкой металлопродукции или ее равномерным деформационным упрочнением в холодном состоянии (наклепом).

Реализация первого способа ограничивается дефицитом дорогостоящих легирующих элементов, кроме того, он является весьма затратным. Второй способ требует громоздких нагревательных и душирующих устройств и также весьма затратен при реализации.

Третий способ – способ деформационного упрочнения не требует дополнительных капитальных вложений на изготовление и установку специального оборудования и может быть реализован в клетях обычных профилегибочных станов при нанесении продольных рифлений небольшой высоты на участки заготовки, которые при последующем формообразовании образуют стенки и полки гнутого профиля между участками подгибки [5]. Формообразование упрочняющих рифлений происходит в первой паре валков профилегибочного стана за счёт местной вытяжки металла и не требует увеличения ширины исходной заготовки, что приводило бы к перерасходу металла. Калибровка валков для упрочнения по подобной технологии стенок гнутого швеллера 120х690х2,5 мм приведена на рис. 2.

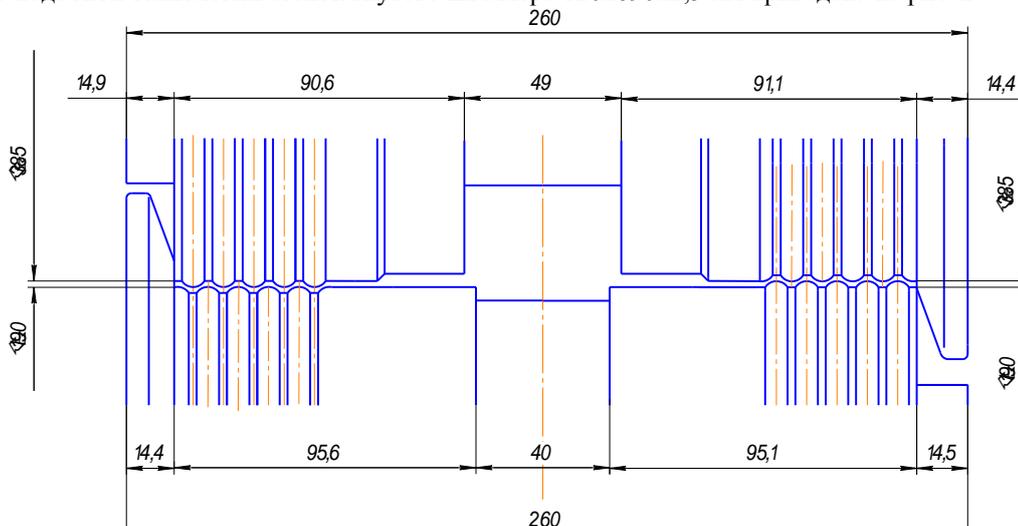


Рис.2. Калибровка валков клетки для формовки рифлений на стенках швеллера 120х60х2,5 мм

Для отработки, исследования и освоения новой технологии, а также определения эксплуатационных характеристик профилей в металлоконструкциях приняты упрочненные швеллер 120x60x2,5 мм (рис.3,а), z - образный профиль 120x60x2,5 мм, а также корытный профиль 80x60x32x2,5 мм из низколегированной стали 09Г2 (рис.3,б). Последний профиль применяется в тракторных прицепах – в конструкции платформы прицепа взамен аналогичного профиля толщиной 3 мм. Отработку и исследование технологии формовки рифлений на заготовке, ее профилирование и изготовление партии профилей производили на профилегибочном агрегате 1-4х50-300.

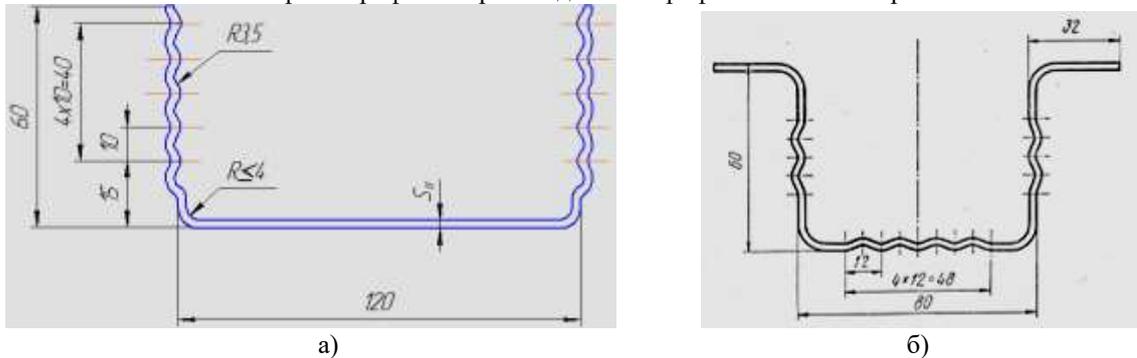


Рис.3. Экспериментальные гнутые профили с плоскими участками, усиленные деформационным упрочнением: а) швеллер 120x60x2,5 мм; б) корытный профиль 80x60x32x2,5 мм.

Формообразование рифлений высотой 1,25 мм, радиусом 3,5 мм и шагом 10 мм было предусмотрено непосредственно перед началом профилирования в первой клетке стана на участках заготовки, соответствующих полкам профилей (рис. 2,3). Профилирование (подгибку полок) в остальных клетках стана осуществляли по обычному режиму, принятому для аналогичных профилей, изготавливаемых из гладкой заготовки.

Для исследования характера изменения механических свойств по сечению неупрочненных и упрочненных (рифленых) профилей на универсальной испытательной машине ЦД-10 проводились испытания образцов, отобранных от характерных элементов сечения профилей.

Результаты проведенных испытаний (рис. 4) показали, что деформационное упрочнение стенок профиля кроме увеличения прочностных характеристик на участках формовки рифлений приводит к их выравниванию по сечению профиля, что благоприятно сказывается на несущей способности профиля в целом.

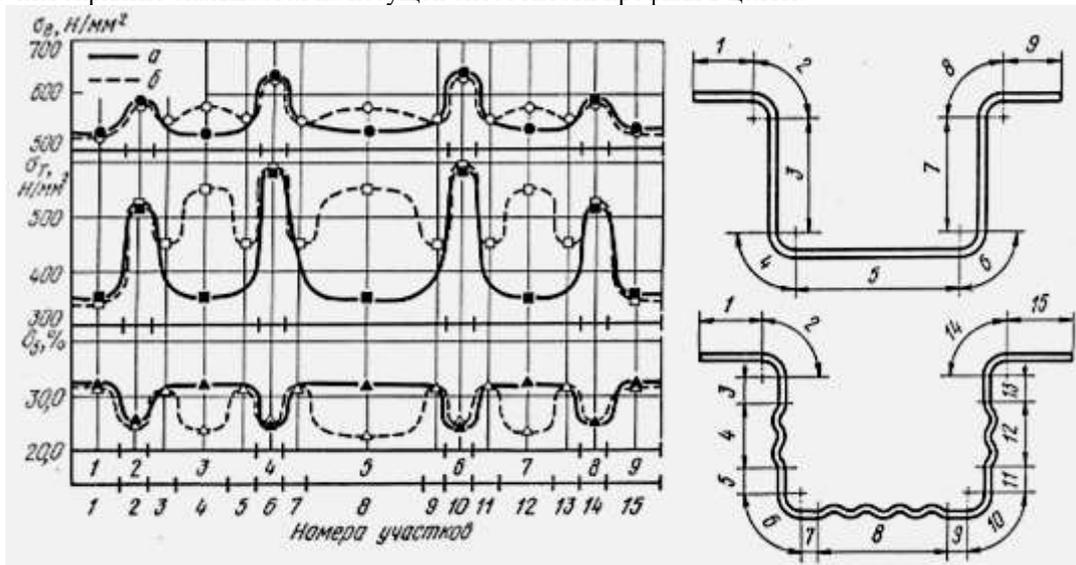


Рис.4. Изменение механических свойств корытного профиля 80x60x32x2,5 мм при упрочнении

Учитывая условия работы исследуемого профиля в конструкции платформы тракторного прицепа, для оценки несущей способности металлоконструкций с использованием упрочненных профилей проводили испытание на чистый (четырёхточечный) изгиб образцов профилей совместно с приваренными к полкам листами из стали 09Г2 толщиной 2,5 мм. Изгибающая нагрузка прикладывалась со стороны приваренных листов, что моделировало условия эксплуатации профиля. Результаты испытаний свидетельствуют о большей сопротивляемости изгибающим нагрузкам профилей, упрочненных рифлениями, по сравнению с неупрочненными. В области упругих деформаций вплоть до упруго-пластического перехода (прогиб до 3 мм) рифленый профиль более чем на 21 % прочнее, чем аналогичный неупрочненный.

Проведенные исследования и расчеты показали, что усиленный нанесением упрочняющих рифлений корытный профиль 80x60x32x2,5мм и конструкция платформы прицепа, в которой он применяется, по прочности не уступают платформам, изготовленным с применением неупрочнённого корытного профиля 80x60x32x3 мм.

Таким образом, предложенная технология изготовления профилей увеличивает прочностные свойства металла на плоских участках между участками изгиба, причём, предел текучести и временное сопротивление с повышением высоты рифлений монотонно возрастают и при высоте рифлений 1,4... 1,6 мм рост их прекращается. Максимальное повышение предела текучести для исследованных сталей и толщин полос колеблется в пределах 60...80 %, а временного сопротивления 20...40%. Это позволяет увеличить несущую способность гнутых профилей и получить экономию металла в результате уменьшения их толщины.

**Литература:** 1. Тришевский И.С., Клепанда В.В. и др. Механические свойства холодногнутой периодической профилей // Реф.сб. «Автомобилестроение», вып.7 – Москва: НИИНАВТОСЕЛЬХОЗМАШ, 1965, 34 с. 2. Тришевский И.С., Гамерштейн В.А., Акимов Э.П. Зависимость механических свойств холодногнутой профилей от механических свойств исходных заготовок // Сб. «Высокоэкономичные гнутые профили проката», – Москва: Металлургия, 1965, – С.202-214. 3. Тришевский И.С., Гамерштейн В.А., Акимов Э.П. Исследование влияния параметров процесса профилирования на механические свойства холодногнутой профилей // Сб. «Высокоэкономичные гнутые профили проката», – Москва: Металлургия, 1965, – С. 214-223. 4. Тришевський О.І. Дослідження зміни механічних властивостей гнутих профілів при формовці. Вісник ХНТУСГ «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві» Харків 2012 р.– С.87-91. 5. Тришевский О.И. Нанесение упрочняющих рифлений на плоские элементы гнутых профилей как фактор снижения металлоёмкости продукции / О.И. Тришевский, Е.А.Гончаренко, С.Н.Бондаренко // Вісник ХНТУСГ вип.115 „Технічний сервіс АПК, техніка та технології у с/г виробництві”. – 2011.– С.31-35.

*На примерах применения гнутых профилей проката в конструкциях прицепов показано, что одним из основных путей снижения металлоёмкости выпускаемой сельскохозяйственной техники является повышение прочностных свойств конструкционных элементов, из которых она изготавливается. Предложена технология равномерного повышения механических свойств по всему сечению гнутых профилей за счёт формовки на их плоских участках сквозных мелких рифлений. Приведены результаты исследований, подтверждающих повышение механических свойств готовых профилей.*