

- 01.08.2000.
25. Патент 4437 РБ, заявл. 27.05.1998, опубл. 20.12.2001.
26. Патент 2206402 Россия, заявл. 10.08.2001, опубл. 20.06.2003.
27. Патент 2207908 Россия, заявл. 12.11.2001, опубл. 10.07.2003.
28. Патент 2089689 Россия, заявл. 19.7.93, опубл. 10.9.97.
29. Патент 1742079 Украина, заявл. 09.01.90, опубл. 1992.
30. Патент России 2089690, заявл. 11.7.94, опубл. 10.9.97.
31. Заявка 1 9647025 Германии, заявл. 14.11.96, опубл. 20.5.98.
32. Патент Россия 2227093, заявл. 31.07.2002, опубл. 20.04.2004.
33. Патент 9-067432 Япония, заявл. 28.10.1998, опубл. 16.01.2001.
34. Патент 5611983 США, заявл. 28.04.95, опубл. 18.03.97.
35. Филин В.Я., Акимов М.В. Современное оборудование для тонкого и сверхтонкого измельчения. М.: ЦНИИ химнефтемаш. – 1991.
36. Белобородова Т.Г., Панов А.К. Универсальная установка измельчения «мягких» полимерных отходов // Пластические массы. – 2002, № 7, 46–48.
37. Шнорр фон Карольсфельд. Оборудование для переработки технологических отходов // Полимерные материалы. – 2002, 10–11.
38. Rassbofer W. Recycling von Polyurethan – Kunststoffen, Huthing Verlag, Heidelberg. – 1994.
39. Hemel S., Held S. Chemische Recycling von PUR – Weichschaumstoffen, Kunststoffe 88. – 1998, № 2, 223–226.
40. Вторичное использование полимерных материалов / Под ред. Е.Г. Любешкиной. – М.: Химия. – 1985.
41. Никулин Ф.Е. Утилизация и очистка промышленных отходов. – Л.: Судостроение. – 1980, 12–30.
42. Мишак В.Д., Мамуня Е.П., Лебедев Е.В. // ISrod-kowuluropejskiej konf.: «Recykling materialow polimerowych – Nauka – Przemuse». – Szczecin. – 2001.
43. Наполнители для полимерных материалов / Под ред. С.В. Каца, Д.В. Милевски. Пер. с англ. / Под ред. П.Г. Бабаевского. – М.: Химия. – 1981.
44. Песецкий С.С. К оценке влияния модификатора на межфазное взаимодействие в полимерных смесях. Известия АН Б, сер. хим. наук. – 1992, № 16, 105–110.
45. Носков Д.В. Оценка пригодности к рециклингу вторичных полимеров // Пластические массы. – 2002, № 8.
46. Плескачевский Ю.М., Шаповалов В.М., Таврогинская М.Г., Тартаковский З. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных термопластов // II Центрально-Европейская конференция «Рециклинг полимерных материалов «Наука – промышленность»: Материалы науч.-техн. конф. / Торунь, 12–14 ноября 2003.
47. Шаповалов В.М. Полимерные композиты на основе модифицированных термопластов и органических наполнителей // XV Scientific Conference «Modification of polymers» / Wroclaw – Poinica Zdroj. – 2002.
48. Винокуров И. Экологическое земледелие и проблема диоксинов // Экологический бюллетень «Чистая земля», спец. выпуск. – 1997, 27–31.
49. Некрасов Б.В. Курс общей химии. – М.: ГХИ. – 1962, 513–537.
50. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. – М.: Химия, 1981, 379–392.
51. Reischl A., Reissinger M., Thoma H., Hutzinger O. // Chemosphere. – 1989 (18), N 1/6, 561–568.
52. Экологическая биотехнология / Под ред. К.Ф. Форстера и А.А. Дж. Вейза, Л.: Химия, Лен. отд. – 1990.

*Печатается с разрешения авторов по материалам журнала «Материалы. Технологии. Инструменты» т. 11 № 4 2006*

УДК 621.771

## УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В АВТОМОБИЛЬНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

*Томило В.А.*

Наиболее перспективным направлением снижения материалоемкости, энергозатрат и повышения производительности является уменьшение потребления традиционных сортаментов проката черных и цветных металлов путем использования более экономичных периодических профилей, производимых непосредственно на машиностроительных предприятиях. Использование периодического проката в качестве полуфабрикатов для производства тяжелонагруженных деталей автомобилей и сельскохозяйственной техники является важным аспектом экономии ресурсов.

Наиболее показательным примером широкого использования периодического проката в автомобилестроении является изготовление малолистовых рессор из полосовых заготовок с изменяющейся по длине толщиной. Практически все автомобильные фирмы США, Великобритании, Японии, Германии, Франции и ряда других стран в промышленных масштабах производят и применяют периодические профили для изготовления малолистовых рессор, масса которых по сравнению с многолистовыми рессорами меньше в среднем на 30%, а долговечность больше примерно в 1,5 раза. Главная трудность получения периодических профилей заключается в обеспечении стабильности периода по длине заготовки, достижении высокой размерной точности по толщине и ширине, что связано, в первую очередь, с нерегламентированным опережением и уширением металла при различных значениях его обжатия. При этом использование периодического проката в качестве заготовок близких к форме готовых деталей обеспечивает помимо снижения материалоемкости значительное уменьшение себестоимости изготовления за счет увеличения срока службы дорогостоящей штамповой оснастки, использование менее мощного кузнечно-штамповочного оборудования и сокращения циклов производства.

В основу новых способов изготовления заготовок малолистовых рессор с переменным по длине профилем и оборудования для их осуществления была поставлена задача снижения удельных давлений металла на валки, которое обеспечило бы стабилизацию процессов деформации металла, получение точных геометрических размеров профиля и одинаковые механические свойства по длине ветвей рессоры. Возможные схемы прокатки периодических профилей представлены на рис. 1. В настоящее время в рессорном производстве нашел широкое применение способ «Daniel Hazier», заключающийся в поочередном формировании переменного профиля на двух ветвях рессоры.

Согласно технологии «Daniel Heuzer» вначале нагревают один конец заготовки, прокатывают параболический профиль за пять проходов и обрезают концевой отход. Затем аналогичным способом обрабатывают второй конец. За технологический цикл заготовку или ее часть нагревают до семи раз.

В научно-исследовательских лабораториях обработки материалов давление ФТИ и БНТУ совместно со специалистами Минского автомобильного завода был разработан принципиально новый способ формообразования заготовок малолистовых рессор

(рис. 2), в соответствии с которым нагретую заготовку 2 центральной частью прижимают к торцу профилированной с двух сторон оправки 3 и с помощью направляющих роликов, при поступательном перемещении оправки, симметрично изгибают до полного прилегания заготовки к поверхности оправки, после чего производится прокатка в неприводных валках 3 с фиксированным межвалковым зазором. По окончании процесса прокатки заготовку снимают с оправки и разгибают для обеспечения прямолинейности. При движении оправки в направлении прокатки происходит непрерывное возрастание обжатия валками заготовки и формирование окончательного (параболического) профиля, определяемого геометрией продольного контура оправки, диаметром валков и их межосевыми расстояниями.

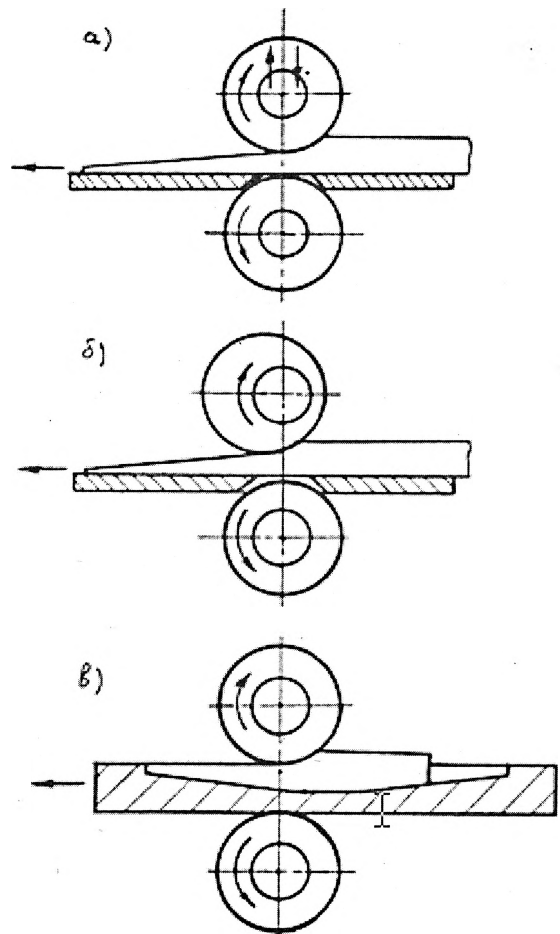


Рис. 1. Схемы основных способов прокатки периодических профилей: а — прокатка в валках с регулированием межвалкового зазора; б — прокатка в профилированных валках; в — прокатка в профилированном штампе

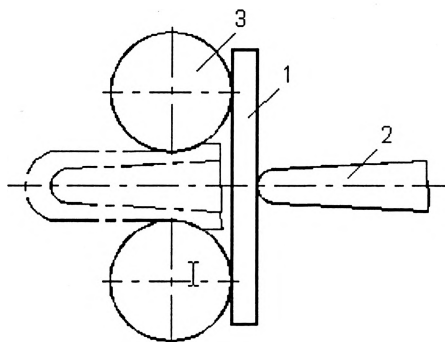


Рис. 2. Схема прокатки симметричной заготовки на оправке

Поскольку валки являются неприводными, то заготовка в процессе обжатия постоянно прижата к торцу оправки, что исключает смещение заготовки относительно профилированных рабочих поверхностей оправки в направлении перемещения оправки. За счет этого устраняется явление опережения (чего трудно добиться при обычной прокатке в приводных валках), повышается точность получаемого профиля полосовых заготовок. Кроме того, данному способу присуще переднее натяжение, поскольку одних сил трения на контакте полосы с оправкой недостаточно для передачи энергии от металла к валкам и обеспечения вращения последних. Натяжение, создаваемое при воздействии переднего конца оправки на среднюю часть полосы, возрастает по мере увеличения обжатия. Наличие переднего натяжения приводит к существенному снижению давления металла на валки и, тем самым, к уменьшению упругой деформации нагруженных элементов в прокатной клети, что также способствует повышению точности размеров и формы получаемых изделий. Поскольку в предложенном способе деформирование нагретой заготовки осуществляют на калибрующей оправке от средней части заготовки к ее концам одновременно в одном направлении путем подачи оправки с заготовкой средней ее частью через калибр постоянного размера, то обе ветви заготовки прокатываются в одинаковых условиях (при одинаковой температуре и степени обжатия), следовательно, свойства, полученные после прокатки, на обеих ветвях рессоры также будут одинаковы. Кроме этого, время на изготовление готового изделия в предложенном способе по сравнению с известным уменьшается вдвое, что приводит к повышению производительности.

На рис. 3 представлена технологическая цепочка изготовления заготовок параболического профиля в соответствии с наиболее распространенной в мире технологией «Daniel Hazier» и новой, разработанной коллективом ученых ФТИ НАН Белару-

си, БНТУ, Минского автомобильного и рессорного заводов под руководством академика НАН Беларуси А.В. Степаненко. Как видно из представленной схемы технологический процесс производства малолистовых рессор по предложенному методу резко сокращается. Полный цикл получения прокатанной заготовки — 12 сек, при этом снижаются также затраты энергии и времени на нагрев (один нагрев и максимум 2 подогрева).

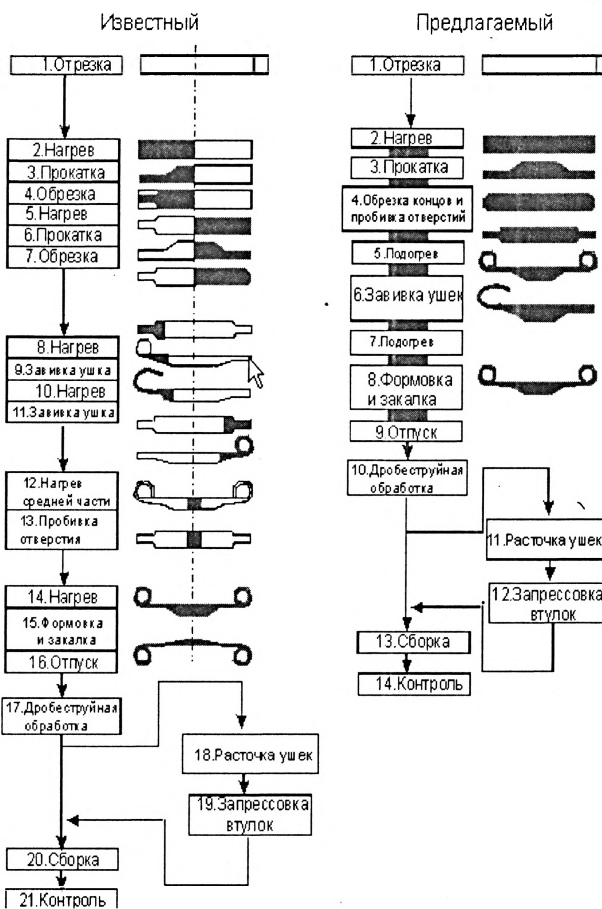


Рис. 3. Методы производства параболических рессор

Способ изготовления полос с переменным по длине профилем и оборудование для его осуществления защищены 10 авторскими свидетельствами бывшего СССР, патентами Республики Беларусь, Великобритании США и Германии.

В результате промышленного освоения данного способа создан комплекс СП1298 для прокатки заготовок малолистовых рессор большегрузных автомобилей МАЗ (принципиальная схема представлена на рис. 4, внешний вид — рис. 5) и автоматическая линия МА067 (рис. 6). Весь комплекс оборудования изготовлен отделом станкостроения и кузнечно-штамповочным производством Минского автозавода.

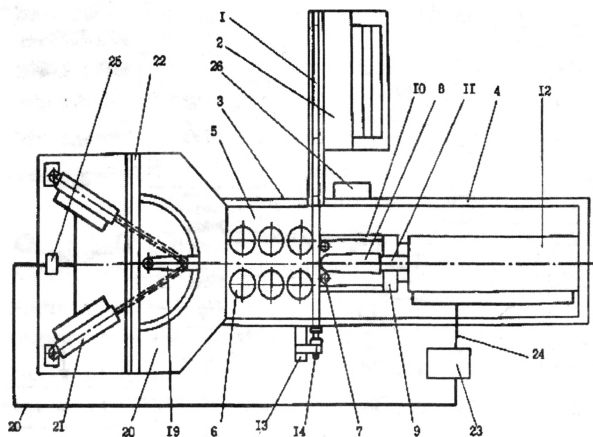
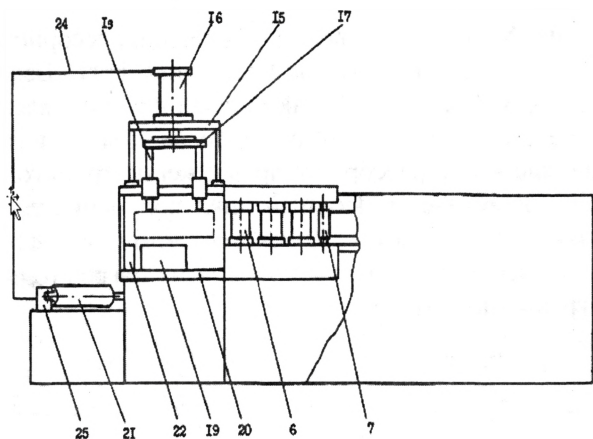


Рис. 4. Схема стана для прокатки заготовок малолистовых рессор

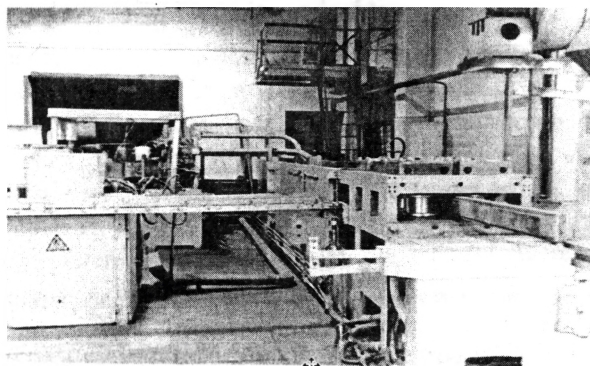


Рис. 5. Комплекс для прокатки заготовок СП1298

Многие зарубежные фирмы проявили большой интерес к данной технологии. Американская фирма «Итон Корпорэйшн» (Детройт) приобрела лицензию на производство заготовок малолистовых рессор. Интерес американских автопроизводителей к разработкам белорусских ученых показателен хотя бы тем, что, имея в своем распоряжении семь установок «Daniel Heuser», крупнейший производитель рессор на американском континенте фирма «Еатон» делает все возможное для

внедрения на своих заводах новейших технологий. На одном из дочерних предприятий этой фирмы (г. Чадем, Канада) под руководством и непосредственном участии сотрудников ФТИ, БНТУ и МАЗа спроектирована, изготовлена и запущена в производство автоматическая линия по изготовлению заготовок малолистовых рессор по данной технологии. Производительность этой автоматической линии достигает двух тысяч заготовок за смену. Планируется расширения ассортимента рессор, изготавливаемых по разработанной технологии.

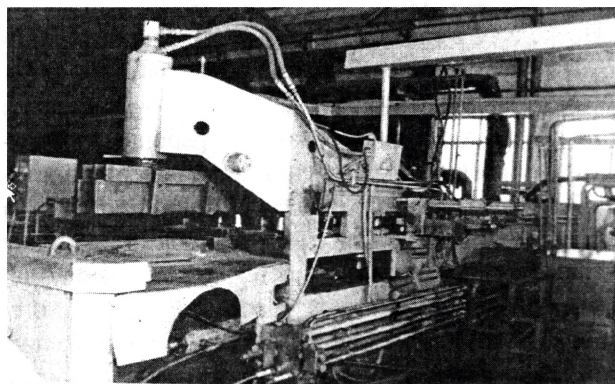


Рис. 6. Автоматическая линия MA067

В последнее время в практике конструирования подвески транспортных средств, в частности, для автомобилей большой грузоподъемности, все большее внимание привлекают конструкции с использованием пневмоцилиндра, установленного в комбинации с направляющим элементом. Практически стандартной стала схема подвески современного европейского грузовика с малолистовыми рессорами на передней оси и многолистовыми, или пневмоподушкой — на задней. Профиль заготовки малолистовой рессоры, направляющего элемента и конструктивные исполнения направляющего элемента пневмоподвески представлены на рис. 7, 8, 9 соответственно.

Для изготовления направляющих элементов пневмоподвески разработана новая схема прокатки несимметричных полосовых заготовок с переменной по длине толщиной, заключающаяся в том, что нагреву подвергают только ту часть заготовки, которая, впоследствии, подвергается периодической прокатке. Холодную часть заготовки используют для ее удержания на профилированной оправке. В качестве удерживающего устройства использован клиновый механизм, зажимающий заготовку за боковые поверхности от гидроцилиндра, расположенного на концевой части профилированной подвижной оправки. Принципиальная схе-

ма установки для безотходной прокатки заготовок направляющих элементов пневмоподвески представлена на рис. 10, внешний вид на рис. 11.

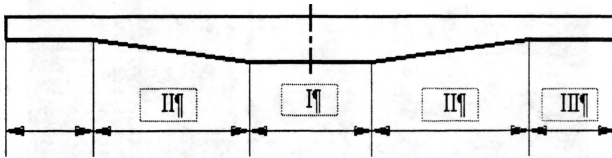


Рис. 7. Форма профилированной заготовки малолистовой рессоры: I — центральная часть; II — параболический или клиновидный профиль; III — концевые гладкие участки

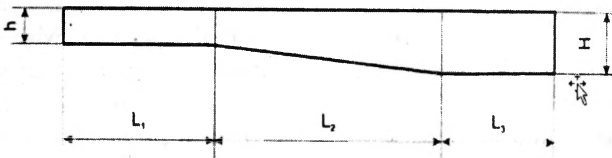


Рис. 8. Форма профилированной заготовки направляющего элемента пневмоподвески:  $L_1=300-500$  мм;  $L_2=300-600$  мм;  $L_3=200-900$  мм;  $H=40-50$  мм;  $h=18-25$  мм

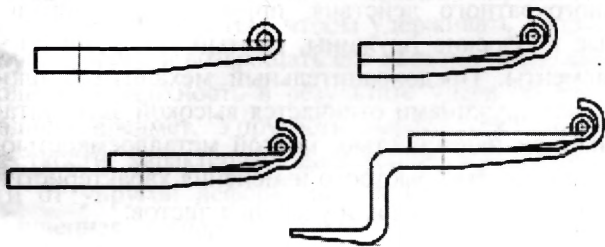


Рис. 9. Конструкции направляющего элемента пневмоподвески большегрузных автомобилей

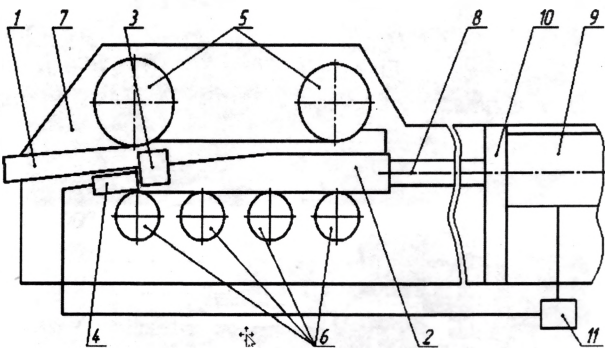


Рис. 10. Принципиальная схема стана для прокатки заготовок направляющих элементов пневмоподвески: 1 — заготовка; 2 — оправка; 3 — зажим; 4 — гидроцилиндр зажима; 5 — валки; 6 — опорные ролики; 7 — станина клетки; 8 — шток главного гидроцилиндра; 9 — главный гидроцилиндр; 10 — станина привода

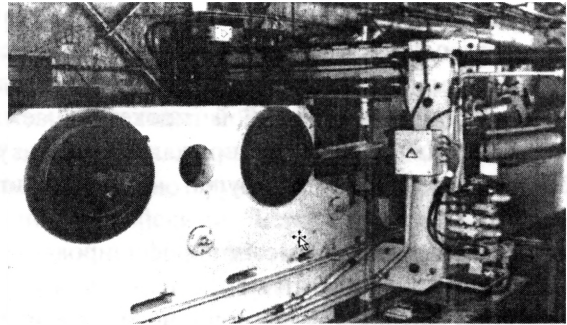


Рис. 11. Стан для прокатки заготовок направляющих опор пневмоподвески

Схема прокатной клетки выбрана с двумя последовательно расположенными парами валков и системой опорных роликов, по которым имеет возможность перемещаться возвратно - поступательно плита. На верхней части плиты закреплена калиброванная оправка. Привод плиты вместе с оправкой осуществляется от гидроцилиндра.

Нагрев деформируемой части заготовки до температуры 950–1050 °С осуществляется в индукторе щелевого типа. Длина нагреваемого участка составляет от 40 до 80% полной длины заготовки в зависимости от типа рессоры. Наличие холодного участка заготовки не только позволяет экономить электроэнергию, но и облегчает ее транспортировку и загрузку в рабочую клеть. Результатом вышеупомянутых разработок стало создание в РБ современного рессорного производства, полностью обеспечившего все потребности МАЗа.

В тоже время ресурс отечественных рессор оказалась несколько ниже, чем у западноевропейских производителей. Остро стал вопрос увеличения долговечности. В рамках выполнения ГНТП «Технологии» ФТИ НАН Б разработана технология и создано оборудование для упрочнения рессорных листов. Согласно предложенному способу, снятие остаточных растягивающих напряжений и поверхностное упрочнение рессорной полосы осуществляется только с одной стороны. Поэтому и инструмент для обработки полос рессор должен обеспечивать поверхностную пластическую деформацию с одной стороны и упругую — с другой. Кроме того, для уменьшения усилия деформирования и мгновенной затрачиваемой мощности обработка должна производиться на части поверхности полосы путем последовательного непрерывного перемещения инструмента по всей обрабатываемой поверхности. Конструкция инструмента должна обеспечивать за один технологический проход полную или

дискретную регулируемую по площади и глубине обработку одной стороны рессорной полосы. Наиболее полно указанным требованиям удовлетворяет процесс продольной прокатки между двумя валками, один из которых имеет гладкую рабочую поверхность, а другой — винтовую с определенным профилем.

При прокатке полосы между профилированным и гладким валком пластическая деформация возникает при внедрении клиновидного профиля в полосу. Металл полосы течет, как видно из рис. 12, в зазор между клиньями, обжимается по высоте за счет внедрения клина в полосу, а также в продольном направлении.

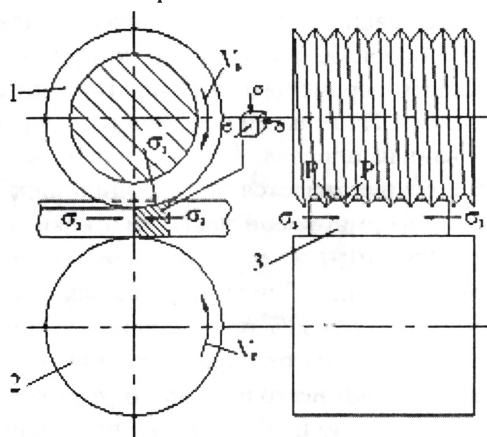


Рис. 12 — Принципиальная схема упрочняющей обработки листов рессор: 1, 2 — валки; 3 — полоса

Результаты стендовых испытаний листов, подвергнутых поверхностному упрочнению, показали, что их долговечность в 1,5–2,0 раза выше, чем у аналогичных упрочненных согласно традиционной технологии дробеструйной обработкой и вплотную приближается к лучшим мировым образцам. На Минском рессорном заводе внедрена опытно-промышленная установка для упрочнения листов рессор (рис. 13). Прокатная клетка с нажимным устройством представлена на рис. 14.

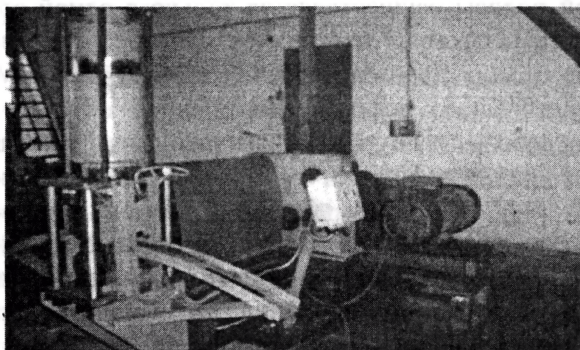


Рис. 13. Опытно-промышленная установка для упрочнения листов рессор

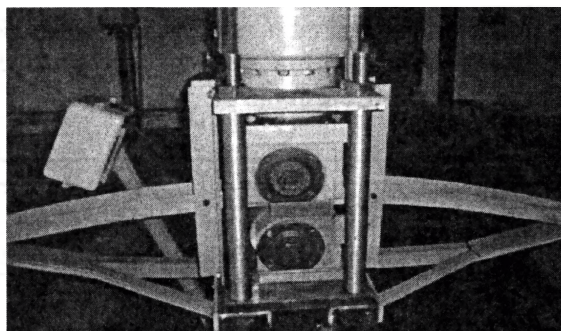


Рис. 14. Прокатная клетка

Но не только в автомобильной технике нашли применение упругие элементы переменного профиля. Подобными деталями широко оснащаются сельскохозяйственные машины и агрегаты. Минский завод шестерен выпускает широкую гамму почвообрабатывающей техники, в том числе плуги различных типов (рис. 15). Для защиты рабочих органов при наезде на имеющиеся в почве инородные предметы (камни, пни и др.) почвообрабатывающие машины оснащены предохранительными механизмами. В качестве упругого элемента, используемого в предохранительных механизмах многократного действия, применяются спиральные и плоские пружины, сжатый газ, резиновые элементы. Предохранительный механизм с плоскими пружинами отличается высокой эксплуатационной надежностью, низкой металлоемкостью, возможностью быстрого изменения характеристик за счет добавления или удаления листов.

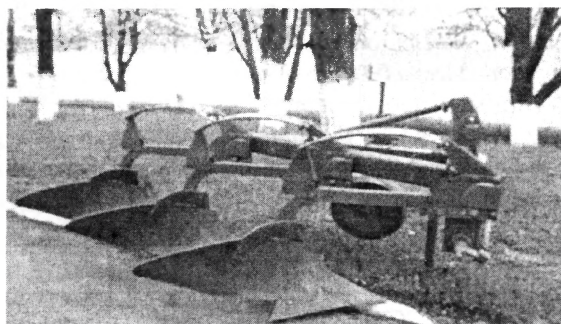


Рис. 15. Плуги с плоским защитным элементом (рессорой)

В настоящее время плоские пружины изготавливают из полосы шириной 140 и 170 мм толщиной 3,5–4,0 мм из рессорно-пружинных сталей 50ХГФА, 60С2, 65Г и др. Попытки изготовить плоскую пружину из листа успеха не имели. Микродефекты структуры, возникающие на боковой кромке листа при рубке, приводили к очень быстрому его разрушению. Схема работы защитного элемента представлена на рис. 16.

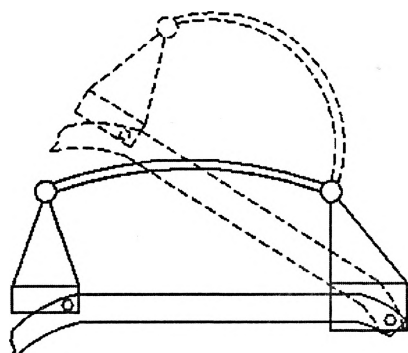


Рис. 16. Схема работы защитного элемента при «наезде» корпуса плуга на препятствие

Защитный элемент должен обладать определенной упругостью, с тем, чтобы удерживать корпус плуга в почве и возвращать его обратно после выхода на поверхность в результате удара об инородный предмет. Упругость выражается кривой жесткости, характеризующей усилие в зависимости от упругой деформации. Кривая жесткости, полученная экспериментальным путем в отделе почвообрабатывающих машин РУП «Минский завод шестерен» в результате многочисленных испытаний лучших образцов защитных элементов представлена на рис. 17. При разработке новых конструкций и технологий изготовления плоских защитных элементов следует стремиться к максимально точному соответствию данной кривой.

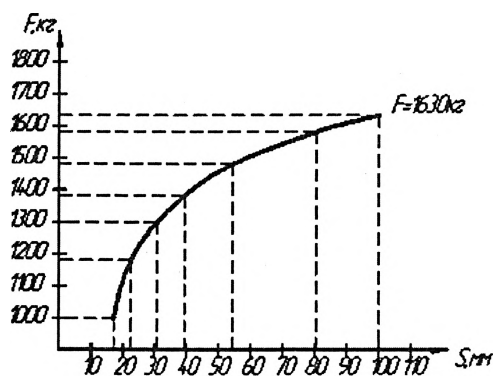


Рис. 17 – Кривая жесткости защитного элемента при нагружении в осевом направлении

Практически все известные мировые производители почвообрабатывающих машин используют плоские защитные элементы, состоящие из листов постоянной толщины 3,5–4,0 мм, шириной 140–180 мм, представленные на рис. 18. Данный профиль из рессорно-пружинной стали производится западноевропейскими металлургическими предприятиями в ограниченных объемах и его цена достаточно высока. Традиционные поставщики металлопроката в Республику Беларусь – Россия и Украина не освоили прокат такого сортамента.

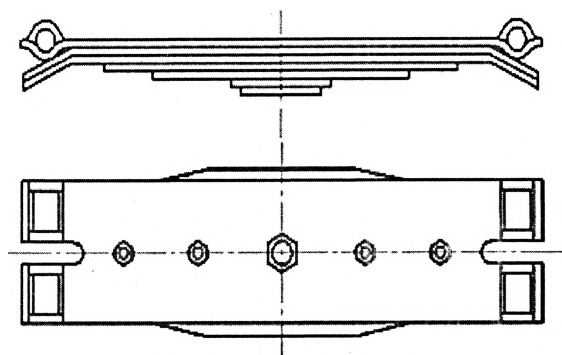


Рис. 18. Защитный элемент из 7 листов постоянной толщины

Поскольку предприятия России и Украины не производят нужного профиля, белорусским производителям плугов приходится импортировать металл из стран дальнего зарубежья, преимущественно из Франции, где его стоимость превышает цену российского в несколько раз. Регулярность и сроки поставок в значительной степени зависят от общеевропейских экономических и политических процессов.

Как показывает опыт автомобилестроения, многолистовая рессора из листов постоянного профиля может быть с успехом заменена на малолстовую из листов переменной толщины, имеющую вес на 15–30% ниже при лучших эксплуатационных характеристиках.

Расчетным путем установлено, что кривой жесткости, представленной на рис. 3 в пределах деформаций до 90 мм наиболее точно соответствуют два установленных параллельно листа шириной 60–65 мм и толщиной 8–10 мм в центральной части и 3,5–4,0 на концах (рис. 19). Защитный элемент такой конструкции с успехом может быть использован для обработки «легких» почв с небольшим содержанием инородных предметов. При обработке каменистых почв больше подойдет черырехлистовой защитный элемент (рис. 20), допускающий осевую деформацию до 150 мм.

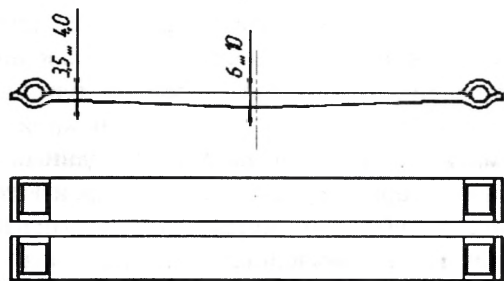


Рис. 19. Защитный элемент из 2 листов переменной толщины

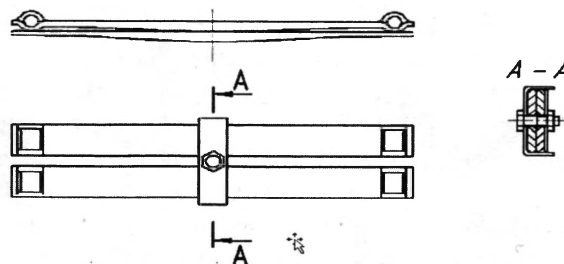


Рис. 20. Защитный элемент из 4 листов переменной толщины

Использование листов переменного профиля, полученного непосредственно в Беларуси из российского металла, для изготовления предохранительных элементов корпусов плугов позволит

значительно снизить себестоимость продукции и повысить экономическую прогнозируемость производства сельскохозяйственной техники.

*Литература*

1. Марголис С.Я. Мосты автомобилей и автопоездов: Расчет, конструкции и испытания. – М.: Машиностроение, 1983. – 159 с.
2. Савец В.Е. Производство и применение экономичных профилей проката. – М.: Metallurgy, 1967. – 76 с.
3. Периодические профили продольной прокатки / Н.М. Воронцов, В.Т. Жадан, Н.Ф. Грицук и др. – М.: Metallurgy, 1978. – 232 с.
4. Прокатка полос переменного профиля / А.В. Степаненко, В.А. Король, Л. А. Смирнова.– Гомель: ИММС НАНБ, 2001. – 180 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Кожевникова Г.В.*

*Физико-технический институт НАН Беларуси*

В настоящее время в машиностроении методом поперечно-клиновой прокатки (ПКП) изготавливается широкая номенклатура изделий типа тел вращения с удлиненной осью. Их конфигурация может быть самой разнообразной: цилиндрические, конические и сфероидальные поверхности со всевозможными канавками и выступами (рис. 1).

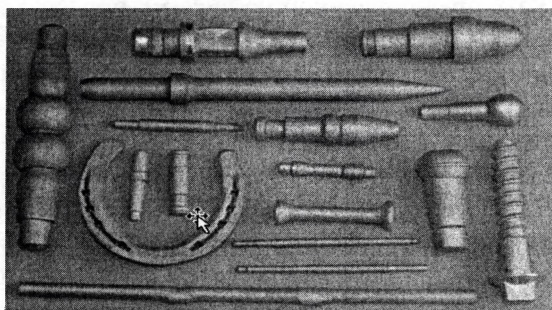


Рис. 1. Поковки, полученные ПКП

ПКП успешно зарекомендовала себя в автомобилестроении, тракторостроении, сельхозмашиностроении, станкостроении, приборостроении, энергетическом машиностроении, авиастроении, в горном и дорожном машиностроении, в атомной и оборонной промышленности, при производстве деталей велосипедов и мотоциклов, бытовой техники. Применение метода ПКП в металлообрабатывающей промышленности позволяет создавать высокопроизводительные малоотходные технологии изготовления профилированных заготовок под последующую точную штамповку или иные процессы пластического формообразования. Кроме того, существует достаточно обширная группа изделий, например, валы и оси в сельхозмашиностроении, для которых данный метод позволяет получить готовую деталь.

Схема ПКП плоским инструментом представлена на рис. 2. Механизмом передачи заготовка