

3. Ковалевский, В.Н. Определение области сварки взрывом стали 40X и сплава Д16 / В.Н. Ковалевский, Г.М. Сенченко // Сварка и родственные технологии: сб. науч. тр. – Минск, 2002. – Вып. 5. – С. 45–48.

4. Бондарь, Н.П. О пластической деформации в зоне соединения при плакировании взрывом / Н.П. Бондарь, В.М. Оголихин // Физика горения и взрыва. – 1985. – Т. 21. – № 2. – С. 147–151.

5. Ковалевский, В.Н. Термодинамические процессы при сварке взрывом углеродистых сталей и сплавов цветных металлов / Е. Н. Ковалевский, Г. М. Сенченко // Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр. – Минск: БНТУ, 2009. – Вып. 32. – С. 270–285.

6. Измерение микротвердости царапанием алмазными накоенчиками: ГОСТ 21318-75. – Введ. 02.12.75. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 23 с.

7. Коваленко, А.Д. Термоупругость / А.Д. Коваленко. – Киев: Вища школа, 1975. – 216 с.

8. Метод конечных элементов в механике твердых тел / А.С. Сахаров [и др.]. – Киев: Вища школа, 1982. – 512 с.

9. Зенкевич, О.К. Метод конечных элементов в технике / О.К. Зенкевич. – М.: Мир, 1975 – 541 с.

10. Ковалевский, В.Н. Принципы создания эрозионностойких слоистых композиционных материалов методами импульсного нагружения и технология производства труб для изделий новой техники : дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.06 / В.Н. Ковалевский. – Минск, 1989. – 491 с.

УДК 621.70

Л.А. ИСАЕВИЧ, д-р техн. наук,  
В.А. КОРОЛЬ, д-р техн. наук,  
Д.М. ИВАНИЦКИЙ, канд. техн. наук,  
В.И. ПУШКЕВИЧ (БНТУ)

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛОС ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

В настоящее время широко распространен способ производства полос параболического профиля для малолистовых рессор большегрузных автомобилей, предложенный и запатентованный фирмой «Даниель Хойзер» (Германия) [1]. Сущность этого способа заклю-

чается в том, что прокатку двух ветвей заготовки производят поочередно за 4–7 проходов с вертикальным перемещением верхнего вала по заданной программе с натяжением полосы валками, привод которых осуществляется гидромоторами. Привод каждого из перемещающих гидромоторов производится от трех отдельных гидронасосных станций и контролируется ЭВМ. Получение заданного профиля полосы возможно только при совместном согласовании взаимодействия гидромоторов и абсолютно невозможно при работе каждого из них в отдельности. Параметры перемещения вала и натяжения изменяются в процессе прокатки, взаимосвязаны между собой, контролируются и поддерживаются с помощью ЭВМ. Точность по толщине получаемых полос составляет  $\pm 0,2$  мм, а по ширине  $\pm 0,4$  мм. Циклическая прочность получаемых таким способом рессор не превышает 220–250 тыс. циклов, что сравнимо с рессорами, изготавливаемыми на Минском рессорном заводе ОАО «МАЗ».

Другой способ, предложенный фирмой «Крупп» (Германия) [1], заключается в поочередной прокатке полосовой заготовки за 3–5 проходов в приводных валках без применения заднего натяжения с нагревом одной ветви заготовки. Перемещение верхнего вала осуществляют посредством гидравлического цилиндра, питаемого от одной гидронасосной станции. Программа перемещения верхнего вала в процессе прокатки задается от механического копира, который не контактирует с нагретой полосой. В результате прокатки обеспечивается прямолинейность прокатанной части полосы и высокая точность по толщине в пределах  $\pm 0,05$  мм.

Циклическая прочность получаемых таким способом рессор в несколько раз превосходит таковую при изготовлении их по способу «Даниель Хойзер». В этом убедились специалисты Минского автомобильного завода, когда в 1988 году были приобретены две рессоры фирмы «Крупп» и подвергнуты промышленным испытаниям.

Одна рессора до разрушения выдержала 1,6 млн. циклов, а другая была снята с испытаний без разрушения после 2,0 млн. циклов. Таким способом в настоящее время производят рессоры к большегрузным автомобилям и прицепах фирм «Вольво» и «Мерседес».

Столь высокая циклическая прочность рессор, производимых с использованием способа фирмы «Крупп», объясняется отсутствием

при прокатке заднего натяжения полосы, которое в процессе деформации приводит к зарождению микротрещин в металле и, как следствие, к снижению циклической прочности.

Следует отметить, что в 1988 году Финляндия предложила Министерству автомобильной промышленности СССР купить прокатный комплекс фирмы «Крупп» за 15 млн. долл. США (из них 8 млн. за лицензию готово было оплатить из своих средств, а 7 млн. за комплекс оборудования, его монтаж, наладку и запуск предложило оплатить одному из действующих тогда автомобильных заводов). Но таковых средств у заводов не оказалось, и в итоге контракт не был реализован.

В настоящее время ОАО «ВНИИМЕТМАШ» (Российская Федерация) производит станы для прокатки полос переменной толщины для малолитровых рессор с использованием способа «Даниель Хойзер», которому присущи указанные выше недостатки, а именно, сложность осуществления процесса и низкая циклическая прочность рессор.

В научно-исследовательской лаборатории обработки материалов давлением Белорусского национального технического университета в течение 1985–1987 гг. под руководством академика А.В. Степаненко был разработан принципиально новый способ формообразования полосовых заготовок переменной толщины для малолитровых рессор [2], в соответствии с которым нагретую заготовку центральной частью прижимают к торцу профилированной с двух боковых сторон оправки. Затем с помощью направляющих роликов при продольном перемещении оправки заготовку изгибают до полного ее прилегания к боковым рабочим профилированным поверхностям оправки. После этого при дальнейшем перемещении оправки, приводимой в движение от гидроцилиндра, производится прокатка в двух парах неприводных валков с фиксированным межвалковым зазором в каждой паре. По окончании процесса прокатки заготовку снимают с оправки и разгибают ее для обеспечения прямолинейности согласно чертежу. При движении оправки в направлении прокатки происходит непрерывное возрастание обжатия валками заготовки и оформление окончательного параболического по толщине профиля.

Поскольку валки являются неприводными, то заготовка в процессе обжатия постоянно прижата к переднему торцу оправки, что

исключает смещение полосы относительно профилированных рабочих поверхностей инструмента. За счет этого исключается опережение, чего трудно добиться при обычной прокатке в приводных валка. Это способствует повышению точности по толщине получаемого профиля полосовых заготовок.

Вместе с тем, почти 20-летний срок эксплуатации промышленных прокатных установок на Минском рессорном заводе ОАО «МАЗ» для изготовления заготовок малолистовых рессор по данной технологии поставил ряд проблем, из которых наиболее важной является стойкость деформирующего инструмента профильной оправки.

С учетом изложенного нами предложена технология формообразования полосовых заготовок переменного профиля для малолистовых рессор по типу способа фирмы «Крупн». В соответствии с разработанной технологией прокатка производится поочередно для каждой ветви полосовой заготовки за 3–5 проходов и осуществляется без натяжения. Перемещение верхнего валка происходит с помощью гидропневматического аккумулятора, питание которого производится от пневмосети завода. Точность по толщине полосы после прокатки обеспечивается в пределах  $\pm 0,1$  мм, а по ширине не превышает  $\pm 0,4$  мм. Возможна прокатка исходных полосовых заготовок шириной 60–100 мм, толщиной 13–26 мм при температуре нагрева 920–980 °С посредством ТВЧ. Ребровая кривизна при предложенном способе прокатки не превышает 2 мм на всей длине полосы. Время прокатки одной ветви полосовой заготовки составляет 20–25 с. Транспортировка исходной заготовки в зону нагрева, загрузка и выгрузка из нее, а также передача в зону прокатки и последующее удаление в накопитель после процесса прокатки осуществляется автоматически при помощи приводных рольгангов. Привод прокатных валков осуществляется асинхронным электродвигателем мощностью порядка 8–10 кВт. Диаметр рабочей части валков составляет 140–160 мм, а охлаждение их производится изнутри проточной водой. Скорость прокатки находится в пределах 0,3–0,6 мм/с.

Устройство прокатного комплекса схематично представлено на рисунке 1. Кроме того, возможна и иная компоновка предлагаемого комплекса, но с сохранением особенностей указанного выше способа.

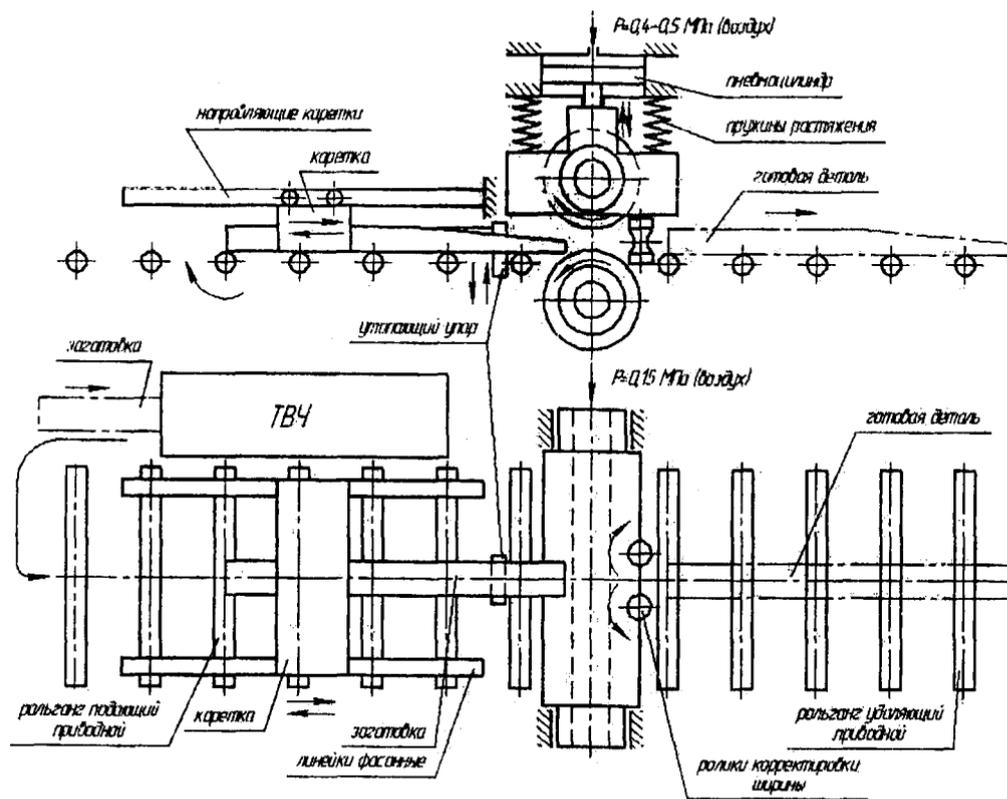


Рисунок 1 – Схема прокатного комплекса

## **Выводы**

Предлагаемая технология изготовления полос переменного профиля для малолистовых рессор, учитывая отсутствие в процессе прокатки натяжения, обеспечит повышение их циклической прочности. Кроме этого значительно упрощается конструкция оборудования и снижается стоимость его изготовления.

## **Литература**

1. Степаненко, А.В. Прокатка полос переменного профиля / А.В. Степаненко, В.А. Король, Л.А. Смирнова. – Гомель: ИММС НАНБ, 2001. – 180 с.

2. Способ изготовления заготовок изделий с переменным по длине профилем и устройство для его осуществления : пат. 434 Респ. Беларусь, В21Н7/00 / А.В. Степаненко, В.А. Король, Г.А. Исаевич; заявитель БГПА. – № 4076902; заявл. 01.07.86; опубл. 03.06.95; Офиц. бюл. // Изобретения, полезные модели. Промышленные образцы. – 1995. – №1. – С. 30.

*УДК 621.7.044*

**М.В. КУДИН**, канд. техн. наук,  
**И.В. КАЧАНОВ**, д-р техн. наук,  
**С.А. ЛЕНКЕВИЧ** (БНТУ)

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СКОРОСТНОГО УДАРНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛОСТЕЙ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ**

Традиционные способы изготовления формообразующих полостей в деталях технологической оснастки, такие, как холодное и полугорячее выдавливание, исчерпали свои возможности в части обработки высокоуглеродистых и легированных сталей из-за высоких удельных давлений выдавливания. В этой связи большими потенциальными возможностями обладают технологические процессы, основанные на использовании высоких скоростей деформирования.