

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ ГОРЯЧЕГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Томило В.А.

Темпы снижения материалоемкости выпускаемой продукции – один из важнейших показателей, характеризующих эффективность машиностроительного производства. В государствах бывшего СССР материалоемкость национального дохода была в 1,5...2 раза выше, чем в промышленно развитых европейских странах, что связано, в первую очередь со сложившейся неэффективной структурой заготовительных производств. Преодоление такого положения возможно за счет широкого использования в производстве прогрессивных малоотходных технологий.

Автомобильная и тракторная промышленность является одним из основных потребителей металлопроката, причем более 500 тыс. тонн проката высокого качества идет на конструктивные элементы подвески и мостов, что составляет около 20 % от годовой потребности автотракторостроения в прокате. Республика Беларусь, являясь индустриально развитой державой, не обладает своей сырьевой базой. Тем не менее, значительный объем экспорта приходится на сложнотехническую продукцию. Поэтому уменьшение металлоемкости является одной из наиболее актуальных задач в промышленности. Широкое практическое внедрение в машиностроении малоотходных технологий, направленных на снижение материалоемкости, энергозатрат и повышение производительности, может быть осуществлено за счет уменьшения потребления традиционных сортов проката черных и цветных металлов путем использования более экономичных периодических профилей, производимых непосредственно на машиностроительных предприятиях.

Основными потребителями заготовок переменного профиля являются предприятия, связанные с производством автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, строительных и дорожных машин, одним словом те предприятия, где имеют место большие серии изготовления крупногабаритных деталей сложной конфигурации. Например, в автомобилестроении США применяются свыше 600 видов периодических профилей.

Практически все автомобильные фирмы США, Англии, Германии, Франции, Японии и ряда других стран в промышленных масштабах производят и применяют периодические профили для изготовления сложных деталей.

Несмотря на большое количество разнообразных периодических заготовок, используемых в промышленности, существуют три основных класса профилей, отличающиеся типом исходной заготовки: полосовые, фасонные и трубные периодические заготовки. Все эти типы заготовок можно использовать в качестве полуфабрикатов для производства основных деталей подвески и ходовой части автомобилей. Полосовые заготовки широко используют при изготовлении упругих элементов подвески, трубчатые – для изготовления полых корпусных деталей с повышенными требованиями к прочности и жесткости, в частности, картера ведущего моста. Фасонные периодические профили различных форм – в качестве заготовок под горячую объемную штамповку.

Несмотря на все преимущества использования в машиностроении периодических профилей, отечественная промышленность не освоила их производство в достаточном количестве и требуемой номенклатуры. Это связано, в первую очередь, с отсутствием простых и высокопроизводительных технологий и соответствующего оборудования, разработка которых усложняется тем, что получение таких заготовок представляет собой сложные и недостаточно хорошо изученные процессы пластического деформирования в силу того, что существует трудность получения точного профиля и конфигурации заготовки из-за одновременного влияния на процесс многих факторов – непостоянное обжатие, температура деформируемого металла, состояние поверхности заготовки и инструмента и т.д. Использование периодических профилей в ходовой части транспортных средств является наиболее эффективным способом уменьшения металлоемкости и повышения эксплуатационных характеристик при сохранении простоты конструкции, что, в свою очередь,

обеспечивает повышение надежности транспортных средств и экономию топлива.

Одной из наиболее технологически сложных деталей современного грузовика является картер ведущего моста. В настоящее время их изготавливают штампованными с продольным разъемом и приварными кожухами полуосей. Основным недостатком штампованных мостов является наличие сварного шва. Особенно опасно для прочности изделия перехлестывание сварных швов. Кроме того, штампованные мосты требуют громоздкого и дорогостоящего оборудования (КГШП, сварочные автоматы). Наиболее перспективным направлением получения картера заднего моста, в настоящий момент, считается технология изготовления картеров из трубы. Однако только очень ограниченное число способов нашли промышленное применение, причем преимущественно для автомобилей малой грузоподъемности.

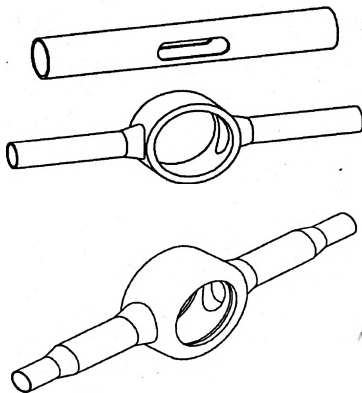


Рис. 1. Последовательность изготовления бесшовного картера ведущего моста

Изготовить бесшовный картер ведущего моста можно совмещая операции раздачи центральной части толстостенной трубы с обжимом ее концевых участков (рис. 1). Сначала в трубчатой заготовке выполняют центральный паз, затем производят раздачу, обжим и окончательную правку-калибровку.

Раздача трубной заготовки многозвенной шарнирной оправкой осуществляется в штампе на механическом кривошипном прессе усилием 2500-6300 кН [1]. Для штамповки используется трубчатая заготовка, в центральной части которой выполнены два овальных отверстия с противоположных сторон. Заготовку нагревают в индукторе или в специальной газовой печи в средней трети трубы до ковочных температур. Нагретую заготовку помещают в штамп, состоящий из многозвенной оправки 1, двух радиальных 4, двух торцевых 7 ползушек и деформирующих ножей 2, закрепленных на подвижном основании 3.

Раздача осуществляется следующим образом. Нагретая заготовка с предварительно фрезерованными центральными отверстиями помещается на консольно-закрепленную оправку 1, затем при помощи маркета прессы в центральное отверстие заготовки вводят неподвижные деформирующие ножи 2. При ходе ползуна прессы вниз торцевые ползушки 7, приводимые в движение клиньями, закрепленными на верхней плите штампа, сжимают заготовку в осевом направлении. Одновременно радиальные ползушки 4, соединенные с оправкой 1 при помощи клещевых захватов осуществляют раздачу в направлении, перпендикулярном оси заготовки. Далее заготовку снова нагревают и калибруют в калибровочном штампе.

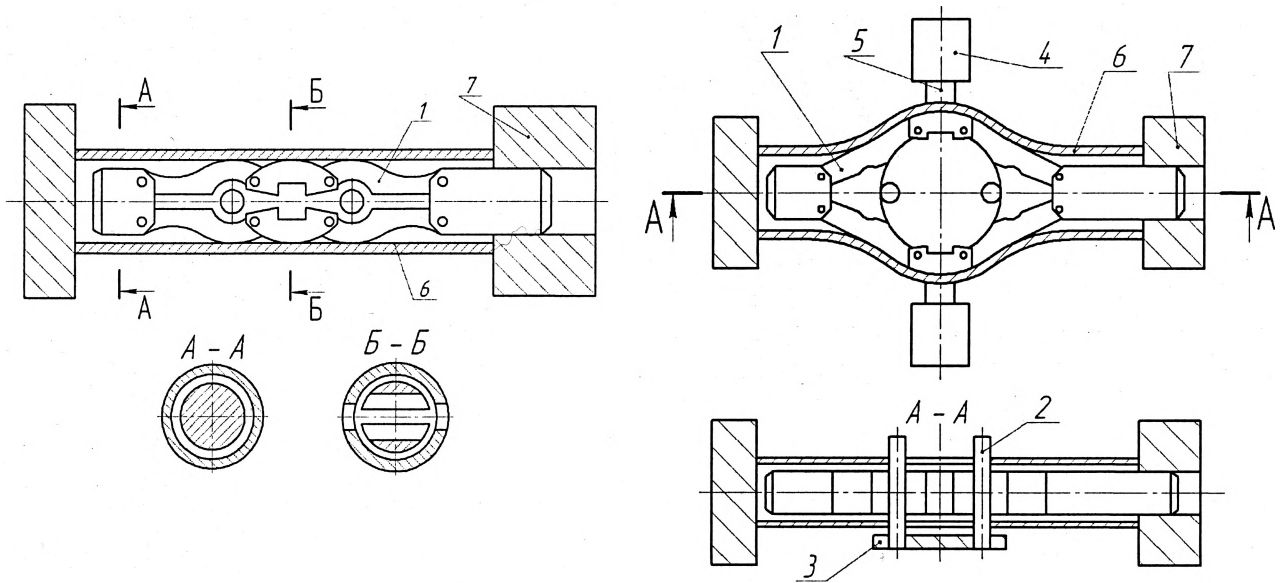


Рис. 2. Принципиальная схема штампа для раздачи трубы

Основное назначение деформирующих ножей - повысить пластичность металла путем приложения дополнительных сжимающих напряжений в сечениях заготовки, наиболее склонных к образованию трещин. За счет изменения схемы напряженного состояния на кромках центрального отверстия возможности раздачи существенно повышаются, а опасность потери устойчивости заготовки нагретой только в зоне деформации, полностью исключается. Как показали численные расчеты и экспериментальные исследования, проведенные на свинцовых и стальных заготовках, подпор кромок центрального отверстия уменьшает предельный коэффициент раздачи минимум в 1,5 раза. Этого вполне достаточно для получения заготовки балки картера ведущего моста автомобилей МАЗ.

Основная трудность получения полуосевых рукавов методами прокатки и обкатки заключается в невозможности получения готового изделия за один проход вследствие потери устойчивости заготовки в процессе обработки в радиальном направлении, что влияет на качество готового изделия и снижает производительность процесса. Предложенная схема (рис. 3) позволяет устранить указанные недостатки, а также свести к минимуму влияние неравномерности механических свойств горячекатаных труб, применяемых в качестве заготовок, на стабильность процесса.

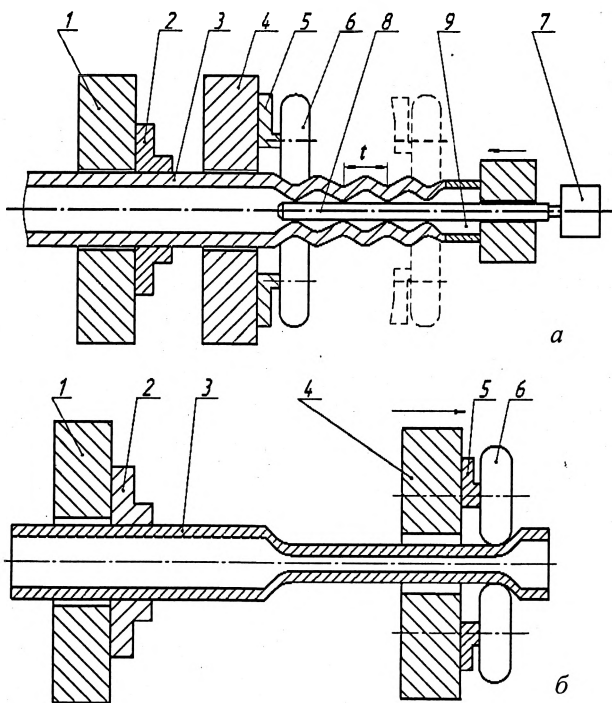


Рис. 3. Схема устройства для изготовления полуосевых рукавов

Процесс обкатки заготовки 3 в устройстве, состоящем из трех валков 6, закрепленных на ползунах 5 установленных в пазах основания 4, оправки 6, механизма 9, осуществляющего поджатие в осевом направлении, гидроцилиндра 7, происходит следующим образом. Предварительно нагретую до ковочной температуры заготовку одним концом закрепляют при помощи кулачков 2 в патроне I. В отверстие заготовки гидроцилиндром вводят оправку, и торец заготовки поджимают с целью создания осевого подпора.

Отличительная особенность предложенного способа обработки (обжатия) трубчатой заготовки заключается в следующем: обжатие трубчатой заготовки валками осуществляется многократно. Причем каждое новое обжатие производится со смещением валков вдоль оси заготовки на определенный шаг. В результате, трубчатая заготовка перед конечной, операцией (обкаткой) будет иметь гофрированную поверхность. После формирования последней гофры (рис. 3а) валки оставляют в сведенном состоянии и производят обкатку всего гофрированного участка до требуемого размера (рис. 3б).

Основными параметрами данного технологического процесса являются: шаг между гофрами и геометрические соотношения форме образующих роликов. При проведении экспериментальных исследований был использован набор роликов с углами при вершине 30°, 60°, 70°, 90°, 120°. Результаты экспериментальных исследований показали, что наиболее оптимальным является использование роликов с углом при вершине 60...70°, которые обеспечивают требуемую степень деформации без нарушения структуры изделия и достаточно высокую производительность процесса. При использовании роликов с углом при вершине менее 60° наблюдается появление трещин при единичном обжатии на оправку, а при обкатке гофр происходит их складывание. Использование роликов с углом при вершине более 70° позволяет увеличить производительность процесса за счет уменьшения единичных обжатий на требуемой длине. Однако при обкатке гофр наблюдается потеря устойчивости заготовки, что ведет к нарушению правильной геометрической формы готового изделия.

Шаг t между гофрами выбирается в зависимости от ширины S ролика и его оптимальное значение находится в пределах $t=(1,5...2)S$. При $t < 1,5S$ уменьшаются производительность процесса и при обкатке гофр возможно их складывание. При $t > (1,5...2)S$ появляются цилиндрические участки на пиках гофр и процесс их обкатки характеризуется

недостатками, присущими способу обработки заготовки без предварительного гофрообразования.

Разработанная технология обеспечивает получение картера заднего моста непосредственно раздачей и обжимом участков толстостенной трубы и, в сравнении с известными технологиями, позволяет повысить коэффициент использования металла на 25 %, производительность процесса в 1,5 раза и снизить трудозатраты на изготовление продукции в 2 раза.

Еще одной деталью большегрузного автомобиля требующей использования современных ресурсосберегающих технологий является балка передней оси. Когда выпуск автомобилей был небольшим, двутавровые балки передних мостов отливали из стали или ковкого чугуна. На некоторых моделях автомобилей устанавливались трубчатые и неразрезные передние мосты, изготавливаемые из хромо-молибденовой стали. Однако последние при массовом производстве имели большую стоимость, чем предыдущие. В настоящее время подавляющее большинство балок переднего моста изготавливается путем штамповки на молотах или прессах.

Традиционное изготовление балок передних мостов ковкой объясняется их сложной конфигурацией (рис. 4), затрудняющей применение другого способа, а также тем, что сопротивление усталости таких балок высокое, что объясняется образованием волокнистой структуры с ориентировкой волокон вдоль оси балки. Характерные особенности поперечных сечений балок передних мостов обусловлены стремлением к снижению перераспределения металла при ковке и повышению, вследствие этого стойкости штампов. Плавные переходы в сечении балок передних мостов обуславливают снижение концентраций напряжений.

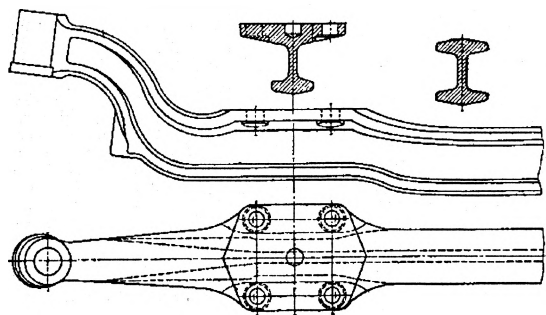


Рис. 4. Эскиз балки передней оси большегрузных автомобилей семейства МАЗ

При использовании в качестве под штамповку круглой заготовки постоянного по длине диаметра вес облоя достигает 50 % от веса самой поков-

ки, что недопустимо. Также имеет место интенсивный износ штампа. Продолжительное время заготовки под штамповку диаметром 115 мм протачивали в центральной части до 85...100 мм.

Анализируя состояние проблемы получения балки управляемого моста следует отметить, что, безусловно, наиболее перспективным является направление, предусматривающее централизованное снабжение автомобильных заводов унифицированным периодическим прокатом с металлургических заводов. Однако, учитывая возможности и конкретные потребности МАЗа в штучном периодическом прокате заготовок передней балки, приходится признать, что единственным приемлемым решением является разработка способа вальцовки и оборудования для его осуществления, позволяющих включить данную технологию и оборудование в действующий производственный цикл. Необходимую заготовку возможно получить на одноклетьевом, двух- или четырехвалковом стане [1].

Стан для вальцовки серединной части заготовки под поковку балки передней оси схематично представлен на рис. 5. Деформируемым инструментом в нем служат профилированные секторные валки 1, синхронно вращающиеся от привода. На оси одного из валков посажены кривошипные, с которыми шарнирно связаны шатуны 3. Другой стороной шатуны соединены при помощи цапф с подвижной траверсой 4, имеющей возможность перемещаться по направляющим 5, жестко закрепленным в станине. Траверса содержит подпружиненный толкатель 6. Для удержания заготовки 7 в горизонтальном положении служит неприводной рольганг 8.

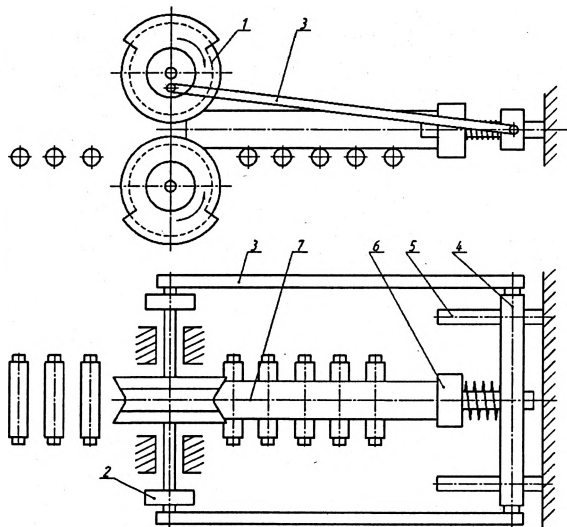


Рис. 5. Схема стана 2198 для вальцовки заготовки передней балки

В процессе вращения валков траверса совершает возвратно-поступательные перемещения. При положении траверсы в крайнем, отведенном от валков, положении заготовку укладывают на рольганг. Затем при включении стана траверса за счет кривошипно-шатунного механизма начинает перемещаться в направлении валков, заталкивая в них подпружиненным толкателем заготовку при строго определенном положении катающих секторов. После захвата с локальным обжатием, порядка 1...2%, заготовка перемещается валками и при набегании катающих секторов обжимается на квадрат, ромб, или двуглав в строго заданной ее части, а затем сопровождается снова валками вплоть до выхода из них.

Внедрение в производство технологии предварительной вальцовки и прокатного стана позволило добиться снижения металлоемкости на 20 %, сократить число ударов молота с 20 до 16-17, отказаться от механической обработки заготовки под штамповку и повысить стойкость штампов на 30%.

Достаточно ощутимыми оказались достижения периодической прокатки в рессорном производстве, а точнее при изготовлении малолистовых рессор, широко применяемых в последнее время в различных транспортных средствах. Достаточно сказать, что практически все автомобильные заводы США, Англии, Франции, Германии, Японии и других развитых стран применяют рессорную подвеску, изготовленную из листов переменной толщины. Это позволяет снизить массу каждой рессоры в среднем на 30%, а долговечность повысить в среднем более чем 1,5 раза по сравнению с вариантом многолистовой рессоры.

В то же время, несмотря на очевидные преимущества малолистовых рессор, автопроизводители СНГ по ряду причин не смогли освоить их широкое промышленное производство. Во многом это сдерживается сложностью самого процесса периодической прокатки, отличающегося нестационарными условиями формообразования, а именно: переменное обжатие полосы по длине, различные температурные условия в начале и в конце процесса деформирования, изменение величины опережения и другие факторы. В связи с этим существенно усложняется расчет геометрии деформирующего инструмента и конструкция технологического оборудования.

Одним из основных способов получения полос с переменным по длине профилем, нашедшим промышленное применение, является прокатка полосы в приводных валках постоянного диамет-

ра с изменяющимся в процессе деформирования межвалковым зазором. Именно этот принцип заложен в технологии и оборудовании известной немецкой фирмы «Daniel Heuzer», которые используют в настоящее время практически все мировые производители малолистовых рессор. Эта технология, хотя и позволяет получать заготовки малолистовых рессор достаточно высокого качества, не может быть повсеместно использована ввиду высокой стоимости оборудования и лицензии. Причем, высокая стоимость оборудования «Daniel Heuzer» вызвана не только тем, что фирма является монополистом в данной области, но и объективно высокой его себестоимостью связанной с большой сложностью и металлоемкостью.

Учеными БНТУ и ФТИ НАН Беларуси совместно со специалистами Минского автомобильного завода под руководством академика НАН Беларуси был разработан ряд принципиально новых способов формообразования заготовок малолистовых рессор (рис. 6) [2]. 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 межосевыми расстоянием.

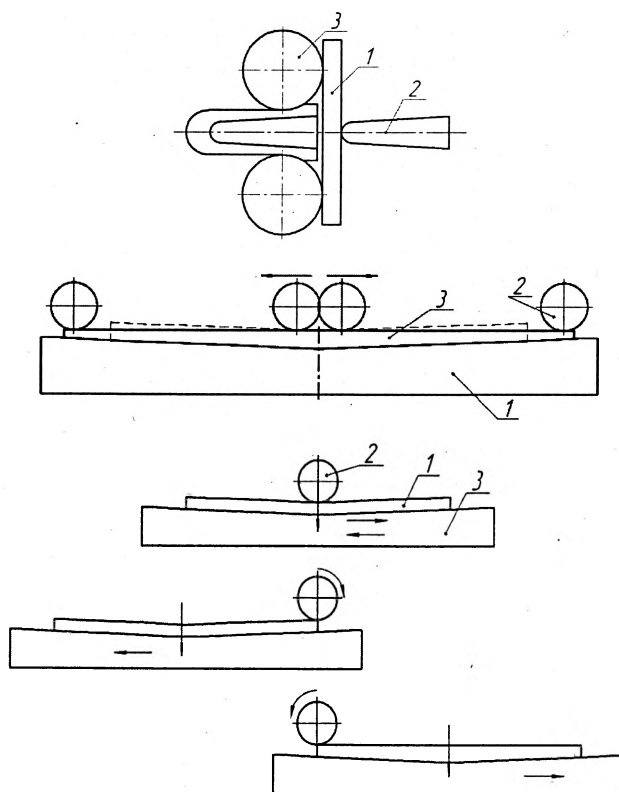


Рис. 6. Схемы прокатки параболических заготовок малолистовых рессор неприводными валками

Данным способам присуще переднее натяжение, поскольку одних сил трения на контакте полосы с оправкой недостаточно для передачи энергии от металла к валкам и обеспечения вращения последних. 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.

Способы 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.

Внедрение новой технологии осуществлено на Минском рессорном заводе. Несмотря на промышленное освоение, постоянно ведутся работы по усовершенствованию способа и технологии прокатки заготовок и дальнейшему освоению новых типов малолистовых рессор. На сегодняшний день освоены и успешно прошли стендовые и ходовые испытания передние и задние малолистовые рессоры автомобилей семейства МАЗ, рессоры для микроавтобусов и грузовиков малой грузоподъемности «Газель», «РАФ», «Люблин», прицепов к легковым автомобилям «Зубренок». В рамках международного сотрудничества, разработаны технологии получения упругих элементов подвески для грузовых автомобилей «Стар» и «Мерседес».

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 распоря-

жении семь установок «Daniel Heuzer», крупнейший производитель рессор на американском континенте фирма «Eaton» делает все возможное для внедрения на своих заводах новейших технологий. На одном из дочерних предприятий этой фирмы (г. Чадем, Канада) под руководством и непосредственным участием сотрудников ФТИ НАН Беларуси, 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.

По результатам проведенных исследований спроектирован ряд станков периодической прокатки. Созданы установки для изготовления заготовок малолистовых рессор большегрузных автомобилей МАЗ, легковых автомобилей и прицепов к ним. Весь комплекс оборудования изготовлен отделом станкостроения и кузнечно-штамповочным производством Минского автозавода. В настоящее время на Минском рессорном заводе функционируют две полуавтоматические линии, полностью обеспечивающие потребность Минского автозавода в малолистовых рессорах и направляющих элементах пневмоподвески для автомобилей и полуприцепов.

Литература

1. В. В. Клубович, В. А. Томило. Технологии изготовления и обработки специальных периодических профилей. – Мн., 2007. – 295 с.
2. А. В. Степаненко, В. А. Король, Л. А. Смирнова. Прокатка полос переменного профиля. – Гомель, 2001. – 180 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ ПЕРЕГРЕВА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Драгун В.Л., Лещенко В.Г., Щелак Т.Е.

Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

Приборы инфракрасной техники получили за последнее десятилетие достаточно широкое распространение на предприятиях энергетики, химического и нефтегазового комплексов, жилищно-коммунального хозяйства, в строительстве и т.д.

В настоящее время на многих промышленных предприятиях Республики Беларусь актуально проведение термографического мониторинга технологического оборудования и промышленных объектов по тепловым параметрам. Это вызвано