

УДК 621.923

В.И. Венжега, канд. техн. наук

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УЗЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПРУЖИНЫ

Представлен анализ и классификация отказов, возникающих в узлах автотранспортных средств по вине пружин, и предложен метод окончательной обработки пружин шлифованием, обеспечивающий высокую точность и производительность без изменения физико-механических свойств поверхностного слоя.

Вступление

Работоспособность и стабильные эксплуатационные характеристики автомобилей во многом лимитируются ресурсом работы пружин. Наиболее характерно это проявляется в топливной аппаратуре, газораспределительных механизмах, подвесках автомобилей, а также других механизмах. Поэтому одним из основных путей решения проблемы повышения надежности и долговечности является применение таких технологических методов обработки, которые обеспечивают высокие эксплуатационные свойства ответственных пружин.

Практика показывает, что во многих случаях пружины, изготовленные по принятой технологии и из качественной проволоки, выдержавшей установленные испытания, в условиях эксплуатации преждевременно теряют упругие свойства или быстро разрушаются, особенно пружины, работающие в динамических условиях. Это свидетельствует о наличии недостатков в технологиях производства пружин и о необходимости разработки способов повышения их несущей способности и постоянства упругих свойств во времени. Существенное влияние на усталостную прочность пружин оказывает качество поверхностного слоя проволоки. Поломки пружин вследствие усталости или потеря рабочих характеристик из-за релаксации напряжений приводят к выходу из строя узлов или всей машины в целом.

Большое влияние на формирование качества поверхностного слоя детали и, в связи с этим, на их эксплуатационные свойства оказывает технология производства, а в особенности операции окончательной обработки.

Анализ исследований и публикаций

Разрушение пружины от усталости происходит вследствие многократного изменения напряжений и связано с местными пластическими деформациями в отдельных слабых микрообъемах (зернах). При высоких напряжениях и большом числе их повторений на поверхности пружины возникает трещина, распространяющаяся по сечению витка и приводящая к поломке пружин. Создание вблизи поверхности остаточных сжимающих напряжений позволяет увеличивать предельные амплитуды напряжений в поверхностном слое пружины без риска ее преждевременного разрушения. Изменяя остаточные напряжения сжатия и глубину упрочнения, можно получить различное распределение пределов выносливости с повышением их вблизи поверхности. Большое влияние на прочность пружин в целом оказывает качество внутреннего слоя (сердцевины), поэтому наряду с упрочнением поверхностного слоя необходимо стремиться к высоким прочностным свойствам исходного материала; он должен быть правильно выбран и правильно термически обработан [1].

Ю.И. Иванов и Н.В. Носов, на основе результатов обработки экспериментальных данных [2], предложили эмпирическую зависимость предела выносливости от параметров качества поверхностного слоя:

$$\sigma_{-1} = \sigma(1 + \varepsilon_1) - \varepsilon_2 R_a - \varepsilon_3 \sigma_1, \quad (1)$$

где ε_1 , ε_2 , ε_3 – коэффициенты, учитывающие наклеп, шероховатость и остаточные напряжения в поверхностном слое.

Из формулы видно, что можно повысить предел выносливости детали. Если после окончательной механической обработки в поверхностных слоях формируются остаточные напряжения сжатия, то последний член в формуле имеет знак плюс и, следовательно, σ_{-1} будет повышаться. Кроме этого, σ_{-1} зависит также от глубины поверхностного упрочнения, если ε_1 положительный, это увеличивает предел выносливости. Снижение шероховатости R_a всегда будет сопровождаться увеличением предела выносливости деталей.

Некоторые ученые [3] в качестве метода окончательной обработки пружин предлагают ленточное шлифование с вращением ленты вокруг детали. Устройство разработано на основе схемы одностороннего шлифования свободной ветвью абразивной ленты с вращением ленты вокруг детали. Основным недостатком предложенного метода является низкая производительность обработки.

Постановка задания

Целью работы является анализ и классификация отказов, возникающих в узлах автотранспортных средств по вине пружин, и разработка метода окончательной обработки пружин шлифованием, обеспечивающего высокую точность и производительность без изменения физико-механических свойств поверхностного слоя.

Изложение основного материала статьи

Большинство автомобильных пружин можно классифицировать по следующим признакам.

1. По характеру работы: пружины сжатия или растяжения с кольцами и без них.
2. По форме пружины: преимущественно цилиндрические.
3. По направлению навивки: преимущественно правые.
4. По характеру приложения нагрузок:

- работающие при динамической нагрузке, для которых характерно большое число циклов нагружения – клапанные пружины газораспределительного механизма, пружина бензонасоса;

- работающие при динамической нагрузке – пружины форсунок дизельных двигателей, пружины стартера, пружины подвески, пружины ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала, пружины центробежного или вакуумного регуляторов опережения зажигания, пружины перепускного клапана амортизатора;

- работающие при статическом приложении нагрузки – пружины устройства натяжения ремня или цепи привода распределительного вала двигателя; пружины муфты выключения, нажимные периферийные пружины нажимного диска сцепления; пружины вилки выключения сцепления; пружины дисков и барабанов тормозной системы.

5. По размерам: мелкие, средние и крупные.

Анализ основных неисправностей автомобилей позволяет сделать соответствующие выводы: основная неисправность – потеря упругости или поломка цилиндрических витых пружин, которая характерна для упругих элементов, испытывающих переменные нагрузки, а ремонт неисправностей сводится к подкладыванию шайб (при осадке пружин сжатия) и заменой новой пружиной, соответствующей техническим условиям.

Рассмотрим подробнее отказы, возникающие в узлах автотранспортных средств по вине пружин [1; 2; 3].

I. Газораспределительный механизм.

1. Неисправность: снижение мощности двигателя. Причина: негерметичность клапанов – влияет не только на снижение компрессии, но и на весь процесс образования и сгорания рабочей смеси. Происходит при ослаблении или поломке пружин клапанов.

2. Неисправность: биение ремня или цепи привода газораспределительного механизма. Причина: уменьшение упругости пружины устройства натяжения ремня или цепи привода распределительного вала двигателя.

II. Топливная система карбюраторных двигателей.

1. Неисправность: снижение давления подаваемого к карбюратору топлива, что приводит к снижению уровня топлива в поплавковой камере. Причина: уменьшение упругости рабочей пружины бензонасоса.

2. Неправильная работа ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала. Причина: потеря упругости пружины.

III. Топливная система дизелей.

1. Неисправность: неудовлетворительная работа форсунок – имеется в виду как качество впрыска (давление впрыска), так и соответствия момента впрыска оптимальному варианту. При этом впрыск топлива будет происходить чуть раньше. Причина: снижение упругости рабочей пружины форсунки.

IV. Стартер.

1. Неисправность: стартер выключается, но шестерни не входят в зацепление – при этом прослушивается скрежет шестерен. Причина: ослабление буферной пружины.

V. Система зажигания.

1. Неисправность: отказ прерывателя-распределителя: неправильная работа зажигания. Причина: ослабление жесткости пружины центробежного или вакуумного регуляторов опережения зажигания.

VI. Сцепление.

1. Неисправность: неполное включение сцепления. Причина: поломка или ослабление пружины муфты выключения или нажимных периферийных пружин нажимного диска.

2. Неисправность: повышенный шум при включении сцепления. Причина: возникает при соскакивании, потере упругости или поломке пружины вилки выключения сцепления.

VII. Коробка перемены передач.

1. Неисправность: самопроизвольное выключение передач. Причина: происходит при ослаблении пружин фиксаторов или засорении гнезд пружин.

VIII. Ходовая часть.

1. Неисправность: уводы автомобиля от прямолинейного движения. Причина: неодинаковая упругость пружин подвески.

2. Неисправность: крен кузова автомобиля. Причина: неравномерная осадка пружин подвесок.

3. Неисправность: неудовлетворительная работа амортизаторов. Причина: чрезмерная осадка пружины перепускного клапана амортизатора.

IX. Рулевое управление.

1. Неисправность: масляный насос не развивает необходимой подачи и достаточного давления в системе гидроусилителя. Причина: нарушение работы предохранительного клапана (при загрязнении, поломке пружины).

X. Тормозная система.

1. Неисправность: сильный нагрев дисков; неполное растормаживание колес. Причина: обрыв или ослабление ограничительной пружины (сжатия).

2. Неисправность: сильный нагрев тормозных барабанов; неполное растормаживание колес; скрип или вибрация тормозных механизмов колес. Причина: обрыв или ослабление стяжных пружин колодок.

Формирование качества поверхностного слоя деталей в основном осуществляется на заключительных операциях технологического процесса их получения.

Процессы шлифования характеризуются высокой теплонапряженностью процесса и большими удельными давлениями в зоне резания. Значительные изменения температуры и давления в зоне резания, в свою очередь, вызывают изменение структуры, фазового состояния и, на их основе, изменение физико-механических свойств поверхностных слоев металла. Наклеп, структурные и фазовые превращения формируют в поверхностных слоях деталей остаточные напряжения. Численное значение и знак напряжений зависят от значения и знака исходных остаточных напряжений, полученных деталью на предшествующих операциях, а также от степени силового и теплового воздействия текущей операции.

Окончательную обработку пружин предлагается производить на двусторонних торчешлифовальных станках с горизонтальной компоновкой шпиндельных узлов, за один проход, одновременно с двух сторон, применяя специально профилированные абразивные круги. Станки, как правило, состоят из литой чугунной станины, на которой крепятся две шлифовальные бабки с независимыми электроприводами, механизма подачи изделий в зону обработки и механизма правки шлифовальных кругов. Кроме этих узлов, имеются вспомогательные приборы и устройства: устройство поворота шлифовальных бабок в вертикальной и горизонтальной плоскостях, система подачи СОЖ, устройство компенсации износа шлифовального круга и другие.

Для повышения эффективности шлифования, снижения теплового воздействия, необходима профильная правка круга. Наиболее рациональным является предлагаемый комбинированный способ правки, представленный на рисунке 1.

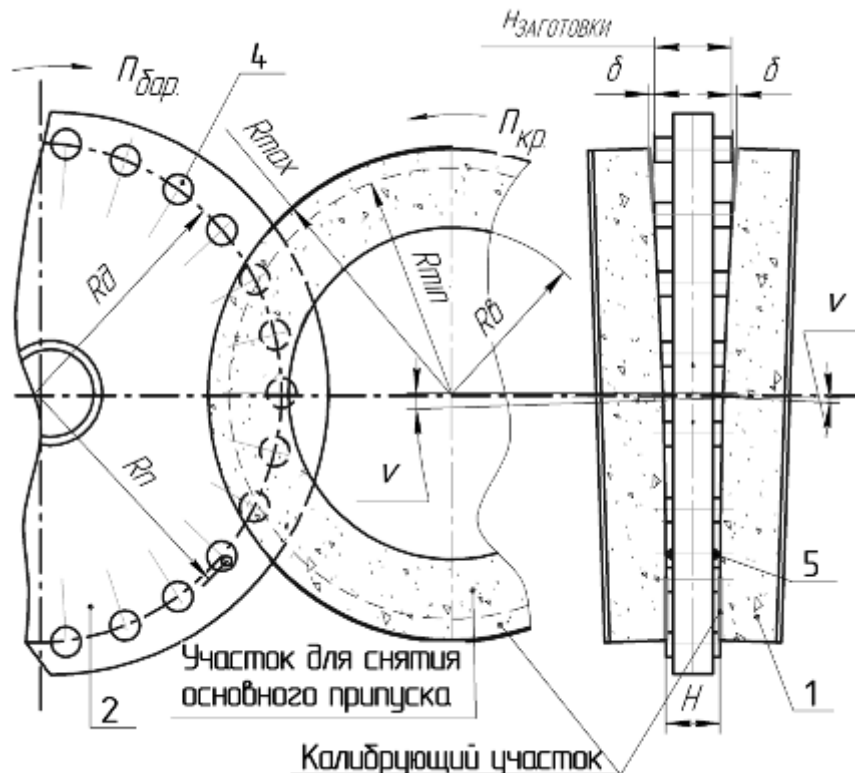


Рис. 1. Комбинированный способ правки

Круги 1 ориентируют в горизонтальной плоскости на угол γ и в вертикальной – на угол ν с целью снятия припуска за один проход. Вначале вся торцевая поверхность круга правится в плоскости, перпендикулярной оси вращения круга. После этого, алмазными

карандашами 5, закрепленными на барабане подачи 2, правят участки, прилегающие к наружным диаметрам кругов. При этом величина радиуса правки R_n , по которому перемещается вершина алмазного карандаша при правке, выбирается в зависимости от формы обрабатываемой детали 4 и ее ориентации в процессе шлифования.

В рабочем цикле шлифования комбинированная правка дает возможность распределить снимаемый припуск δ между черновым и чистовым участками, увеличить рабочую длину L дуги контакта деталей с кругом, что повышает производительность обработки, снизить температуру в зоне обработки. Высокая точность формы торца детали обеспечивается на формообразующем участке 3, прилегающем к наружному диаметру круга, при выходе из зоны обработки. При этом формообразующий участок 1 не принимает участие в съеме припуска при входе в зону шлифования и имеет высокую стойкость.

Действительные значения отклонений от плоскостности и перпендикулярности, замеренные прибором „TALYROUND”, при обработке цилиндрических пружин демпферов муфты сцепления автомобилей «ГАЗ-53» (окончательный размер $\varnothing 26_{-0,15}^{+0,35}$ мм) на двустороннем торцешлифовальном станке 3342АДО кругами I-450×305×63-25А40СТ1Б8 с длиной калибрующего участка 20мм, соотношением углов ориентации $\gamma = 1,57 \cdot \nu$, вращением заготовок, приведены на осциллограмме (рисунок 2).

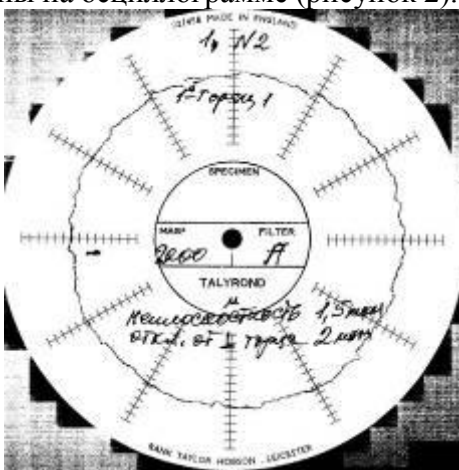


Рис. 2. Осциллограмма отклонения от перпендикулярности и плоскостности торцевой поверхности

Для определения температуры на торцах заготовки была использована искусственная термопара хромель-капель. Спай термопар фиксировался на торцах заготовки. На рисунке 3 приведены осциллограммы изменения температуры по координате обработки.

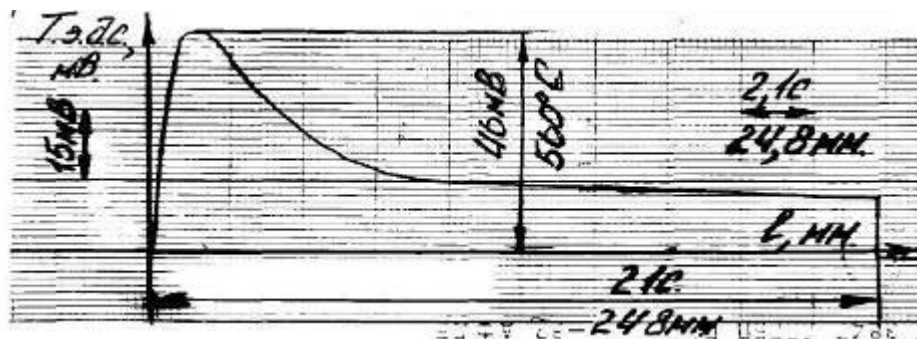


Рис. 3. Осциллограммы температуры по координате обработки

Из проведенных исследований следует, что при шлифовании предложенным методом температура на калибрующем участке не превышает критических точек и в металле не происходят структурные и фазовые изменения.

Выводы

В работе представлен анализ и классификация отказов, возникающих в узлах автотранспортных средств по вине пружин, и предложен метод окончательной обработки пружин шлифованием, обеспечивающий высокую точность и производительность без изменения физико-механических свойств поверхностного слоя, что способствует повышению надежности работы механизмов автомобиля, содержащих пружины

Список использованных источников

1. Остроумов В.П. Производство винтовых цилиндрических пружин / Остроумов В.П. – М.: Машиностроение, 1970. – 169с.
2. Иванов Ю.И. Эффективность и качество обработки инструментами на гибкой основе / Иванов Ю.И., Носов Н.В. – М.: Машиностроение, 1985. – 88с.: ил.
3. Шиляев С.А. Технологические методы повышения качества пружин, применяемых в автотранспорте / Шиляев С.А., Аллаяров С.Р., Меджитов Т.Р. // Сборник научных трудов Ижевского государственного технического университета. – 2010. – №43. – С. 75-83.
4. Кальченко В.В. Підвищення ефективності двостороннього шліфування торців циліндричних деталей орієнтованими абразивними кругами: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Кальченко В.В. – Харків, 1998. – 203с.
5. Венжега В.І. Підвищення ефективності шліфування торців при схрещених осях деталі та круга з калібрувальною ділянкою: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Венжега В.І. – Харків, 2009. – 214с.