(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 038686 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.10.05

(21) Номер заявки
201900201

(22) Дата подачи заявки
2019.03.27

(51) Int. Cl. ***B21F 35/00*** (2006.01)
F16F 1/06 (2006.01)
B61F 5/06 (2006.01)

(54) ПРУЖИНА СЖАТИЯ ВИТАЯ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

(43) **2020.09.30**
(96) **2019000025 (RU) 2019.03.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЛУКМАНОВ ДЕНИС САЛАВАТОВИЧ; ИВАНЦОВ АРТЁМ БОРИСОВИЧ (RU)

(72) Изобретатель:
Иванцов Артём Борисович (RU)

(56) RU-U1-162774
ГОСТ 13765-86. ПРУЖИНЫ ВИНТОВЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СЖАТИЯ И РАСТЯЖЕНИЯ ИЗ СТАЛИ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ, табл. 1
RU-U1-181833
WO-A1-2013021828

(57) Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано в рессорном подвешивании железнодорожного подвижного состава, а также в других ответственных механических системах с условиями работы, приводящими к разрушению в результате многоцикловой усталости высоконагруженной пружины. Поставленная цель достигается за счет изготовления рационального количества витков пружины, при этом пружина сжатия витая с повышенным уровнем циклической долговечности состоит из крайних и промежуточных витков, имеет индекс пружины c, равный 3,0-12,0, определяемый как отношение среднего диаметра витка пружины D к диаметру прутка d. Крайние витки пружины являются зашлифованными, соответственно, промежуточные витки являются незашлифованными. Таким образом, оба крайних витка имеют уменьшение толщины к концу пружины и имеют зашлифованные торцы, являющиеся опорными поверхностями пружины, при этом количество незашлифованных витков пружины входит в диапазоны $n_i + 0{,}3^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ витков, при этом $n_i = 2{,}0; 3{,}0; 4{,}0 \ldots 20{,}0$ - целое число незашлифованных витков (n_1-n_3), $(n_1 - n_3) = n_i + 0{,}3^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ есть полное число незашлифованных витков, где согласно ГОСТ 16118-70 n_1 - полное число витков пружины, n_3 - число зашлифованных витков. Пружина сжатия витая с повышенным уровнем циклической долговечности изготовлена из пружинной марки стали.

038686 B1

038686 B1

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано в рессорном подвешивании железнодорожного подвижного состава, а также в других ответственных механических системах с условиями работы, приводящими к разрушению в результате многоцикловой усталости высоконагруженной пружины.

Известно устройство для упрочнения внутренней поверхности цилиндрических винтовых пружин (патент на полезную модель RU 111053, B24B 39/02 от 21.04.2011, опубликованный 10.12.2011). Полезная модель направлена на повышение эффективности упрочнения внутренней поверхности пружин. Технический результат заключается в осуществлении целенаправленного воздействия на внутреннюю поверхность витков пружины пластической деформацией. Заявляемое устройство упрочнения внутренней поверхности пружин позволяет получить более высокий уровень усталостной прочности и долговечности высоконагруженных пружин.

Наиболее близкой по технической сущности является пружина для рессорного подвешивания (патент на полезную модель RU 161329, F16F 1/06 от 23.01.2015, опубликованный 20.04.2016). Пружина наружная высокая, витая цилиндрическая, с рабочими и опорными витками, имеющая число рабочих витков 3,8-4,0, выполненная из пружинной марки стали, при этом ее индекс, определяемый как отношение среднего диаметра витка к диаметру прутка пружины, составляет 6,000-6,444.

Заявляемое изобретение направлено на создание пружины, имеющей повышенный уровень циклической долговечности (выносливости) при работе в ответственных механических системах. Геометрические характеристики пружины позволяют снизить фактические максимальные касательные напряжения τ_{max} и обеспечить более равномерное распределение напряжений в критических участках объема пружины.

Поставленная цель достигается за счет изготовления рационального количества витков пружины, при этом пружина сжатия витая с повышенным уровнем циклической долговечности состоит из крайних и промежуточных витков, имеет индекс пружины c, равный 3,0-12,0, определяемый как отношение среднего диаметра витка пружины D к диаметру прутка d. Крайние витки пружины являются зашлифованными, соответственно, промежуточные витки являются незашлифованными. Таким образом, оба крайних витка имеют уменьшение толщины к концу пружины и имеют зашлифованные торцы, являющиеся опорными поверхностями пружины, при этом количество незашлифованных витков пружины входит в диапазоны $n_i+0{,}3^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ витков, при этом n_i=2,0; 3,0; 4,0 ... 20,0 - целое число незашлифованных витков (n_1-n_3), $(n_1-n_3)=n_i+0{,}3^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ есть полное число незашлифованных витков, где согласно ГОСТ 16118-70 n_i - полное число витков пружины, n_3 - число зашлифованных витков. Пружина сжатия витая с повышенным уровнем циклической долговечности изготовлена из пружинной марки стали.

На чертеже представлена пружина сжатия витая с повышенным уровнем циклической долговечности, которая включает промежуточные незашлифованные витки 1, крайние зашлифованные витки 2, торцы пружины в виде зашлифованных опорных поверхностей 3, точки окончания контактов торцевых зашлифованных поверхностей пружины с опорами 4, образующиеся при обжатии пружины пятна контакта 5-5' на участках сопряжения опорного витка пружины 5 и участка соседнего рабочего витка 5', D - средний диаметр витка пружины, D_2, - внутренний диаметр витка пружины, d - диаметр прутка.

Известно, что при нагружении в сечении витков пружины действуют крутящий момент $M_{кр}$, поперечная сила Q, менее значимые изгибающий момент $M_{изг}$ и нормальная сила N (Конструирование пружин Р.С. Курендаш К.-М.: Машгиз, 1958, 108 с.). Сложение напряжений, образуемых Q и $M_{кр}$, дает в сечении прутка основную эпюру касательных напряжений, определяющую в своем пределе максимальные касательные напряжения τ_3 (ГОСТ 13765-86). Фактическая максимальная величина суммарных касательных напряжений $\tau_{max} \geq \tau_3$, в общем случае реализуемая на внутренней поверхности незашлифованных витков пружины, описываемой внутренним диаметром D_2, является одним из определяющих факторов зарождения макротрещин и начала разрушения по типу усталостного излома при циклических нагружениях.

Заявлена зависимость, определяющая локализацию критических величин касательных напряжений τ_{max} на внутренней поверхности пружины (приповерхностная область витков, прилежащая к внутреннему диаметру пружины D_2) от количества незашлифованных витков 1 (см. чертеж). При этом основным фактором, определяющим локализацию и форму контура критической области, где наиболее вероятно начало разрушения, является исходное положение точки 4 как места завершения контакта торцевой зашлифованной поверхности 3 пружины с опорой. Таким образом, точка 4 разграничивает крайние зашлифованные витки 2, формирующие опорную поверхность 3, и остальные (незашлифованные) витки 1. Влияние образуемого в некоторых случаях осадки пружины дополнительного контакта 5-5' при соприкосновении концевой части опорного витка пружины и соседнего рабочего витка, в системе кодировки полного количества витков, определяемого как $n_1 \geq 1{,}0$, более значимо к концу процесса обжатия пружины и редко существенно как, например, при утолщенных до исходного диаметра прутка концах пружины.

Выраженная неравномерность напряженного состояния по длине спирали пружины с однотипным сечением при передаче нагрузок от одной опорной поверхности к другой через упругий элемент (пружину) определяется только особенностью подачи нагрузок и моментов на данную циклически повторяю-

щуюся систему. При этом опорные поверхности работают как естественные рычаги, определяющие циклическое, но немонотонное изменение соотношения силовых характеристик в сечениях прутка по длине спирали пружины. Характер передачи нагрузок в основном определяется положением и величиной нагружения переходного участка опора-пружина (точка 4 на чертеже).

Изготовление пружины сжатия витой с наличием зашлифованных опорных поверхностей и с заданным количеством незашлифованных витков (n_1-n_3), определяемым как $n_i + 0{,}3^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ витка, позволяет обеспечить повышение циклической долговечности пружины.

Получение необходимого количества незашлифованных витков, как витков не находящихся в соприкосновении с опорой; формирование нормальной опорной поверхности, в частности опорной поверхности витка монотонно уменьшающейся толщины, обеспечивается:

формированием прутка заданной длины, включая, в частности, длину вальцованных концов;

навивкой полного числа витков n_1 и поджатием при навивке части витков, обязательно включая в поджатие витки, относящиеся к опорной поверхности;

заточкой, при необходимости, с окончательным формированием опорных поверхностей протяженностью n_3, определяющей число оставшихся незашлифованных витков (n_1-n_3).

Заточка задает монотонно убывающую толщину витков на концах пружины, что гарантируется необходимым поджатием.

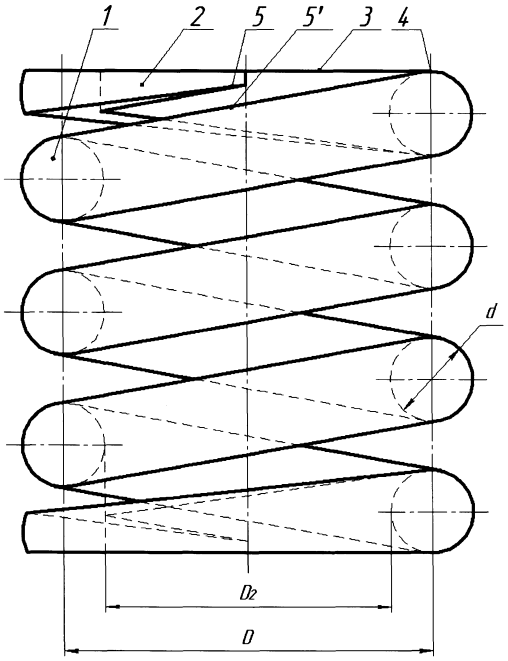
Периодически проводимые на стенде циклических испытаний опыты по определению циклической долговечности железнодорожных пружин показали, что при испытании пружин по ГОСТ 32208-2013 (Пружины рессорного подвешивания железнодорожного подвижного состава. Метод испытаний на циклическую долговечность) фокус усталостного излома на поверхности незашлифованных витков пружин выявляется в областях внутренней поверхности пружины с максимальными касательными напряжениями τ_{max} либо в прилежащих областях внутренней поверхности пружины.

Снижение максимумов касательных напряжений позволяет эффективнее использовать сечение прутка пружины в условиях ее долговременной циклической работы. При условиях испытаний по ГОСТ 32208-2013 снижение максимумов касательных напряжений τ_{max} по отношению к минимуму по внутренней поверхности пружины, при формировании оптимального количества незашлифованных витков, составляет: для 0,5 млн. циклов испытаний - до 14%, для 6,0 млн. циклов испытаний - до 68%. Соответственно, данная разница, выраженная в изменении величины касательных напряжений критических зон, составляет до $\Delta\tau$=45 МПа, что для пружинных сталей является значимым снижением максимальных касательных напряжений, соответственно смещающим экспериментальные точки кривой усталости по шкале количества циклов работы пружины до разрушения lg(N), получаемой при испытаниях методом Велера (ГОСТ 32208-2013).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Пружина сжатия витая с повышенным уровнем циклической долговечности состоящая из крайних и промежуточных витков, отличающаяся тем, что индекс пружины, определяемый как отношение среднего диаметра витка пружины к диаметру прутка, составляет 3,0-12,0, при этом крайние витки пружины являются зашлифованными, промежуточные являются незашлифованными, оба крайних витка имеют уменьшение толщины к концу пружины и имеют торцы, являющиеся опорными поверхностями пружины, при этом количество незашлифованных витков пружины входит в диапазоны $n_i + 0{,}3^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ витков, где n_i = 2,0; 3,0; 4,0 ... 20,0 - целое число незашлифованных витков (n_1-n_3), причем n_1 - полное число витков пружины, n_3 - число зашлифованных витков, а $(n_1 - n_3) = n_i + 0{,}3^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ есть полное число незашлифованных витков.

2. Пружина сжатия витая по п.1, отличающаяся тем, что она изготовлена из пружинной марки стали.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2