

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043159**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.27

(21) Номер заявки
202290315

(22) Дата подачи заявки
2020.08.12

(51) Int. Cl. **C21D 8/06** (2006.01)
C21D 9/02 (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
E01B 9/28 (2006.01)

(54) ПРУЖИННАЯ ПРОВОЛОКА, ОТФОРМОВАННЫЙ ИЗ НЕЕ УПРУГИЙ ЗАЖИМ И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТАКОЙ ПРУЖИННОЙ ПРОВОЛОКИ

(31) **19193224.3**

(32) **2019.08.23**

(33) **EP**

(43) **2022.05.06**

(86) **PCT/EP2020/072650**

(87) **WO 2021/037567 2021.03.04**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФОССЛО ФАСТЕНИНГ СИСТЕМС
ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:
Ху Лэй, Вольф Деннис (DE)

(74) Представитель:
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,
Кузнецова Т.В. (RU)**

(56) CN-A-105112774
RU-C1-2512695
Thomson Scientific, London, GB; Vol.
2016, No. 24, AN 2016-17839W, Retrieved from:
DATABASE WPI [online] XP002797798
& CN 105401072 A (MA'ANSHAN IRON
& STEEL CO LTD) 16 March 2016 (2016-03-16),
abstract
CN-B-102719759
EP-A2-0974676
EP-A1-2612941

(57) В изобретении представлена пружинная проволока, которая также при диаметрах по меньшей мере в 9 мм может хорошо обрабатываться давлением в холодном состоянии, однако при этом обладает улучшенными механическими свойствами. Для этого пружинная проволока изготовлена из стали, которая состоит из, мас. %: C: 0,35-0,42%, Si: 1,5-1,8%, Mn: 0,5-0,8%, Cr: 0,05-0,25%, Nb: 0,020-0,10%, V: 0,020-0,10%, N: 0,0040-0,0120%, Al: ≤0,03% и в качестве остатка - из железа и неизбежных примесей, причем содержание суммы примесей ограничено максимально 0,2%, и к примесям относятся до 0,025% P и до 0,025% S. Пружинная проволока согласно изобретению подходит, прежде всего, для изготовления упругого зажима с оптимизированными эксплуатационными свойствами. Изобретение описывает также способ, который делает возможным удовлетворяющее практическим требованиям изготовление пружинных проволок согласно изобретению.

043159 B1

043159 B1

Изобретение относится к пружинной проволоке, которая изготовлена из пружинной стали с содержанием углерода 0,35-0,42 мас. %.

Помимо этого, изобретение относится к упругому зажиму (пружинной клемме) для прижимания рельса для рельсового транспортного средства в месте крепления рельса, который отформован из такой пружинной проволоки, и способу изготовления пружинной проволоки рассматриваемого здесь вида.

В "месте крепления рельса" подлежащий закреплению рельс закрепляется на основании, которое поддерживает рельсовый путь, которому принадлежит рельс. При этом основание может быть выполнено посредством обычной состоящей из дерева шпалы или посредством шпал или пластин, которые отформованы из бетонного или синтетического материала. Место крепления рельса обычно включает в себя по меньшей мере одну направляющую пластину, которая прилегает к рельсу сбоку и при использовании отводит действующие на рельс поперечные силы в основание, и упругий зажим, который закреплен с натяжением на основании. Упругий зажим оказывает на подошву рельса посредством по меньшей мере одного пружинного рычага упруго пружинную удерживающую силу, посредством которой рельс удерживается прижат к основанию. Особо эффективно удерживающие силы могут прикладываться посредством W-образно или ω -образно отформованных упругих зажимов, которые свободными концами их обоих пружинных рычагов воздействуют на подошву рельса. Примерами отформованных таким образом упругих зажимов являются описанные по ссылке <https://www.vossloh.com/de/produkte-und-loesungen/produktfinder/> (дата обнаружения 12 августа 2019) продукты.

Пружинные проволоки, которые требуются для изготовления упругих зажимов, обычно имеют круглый диаметр 9-15 мм. При этом при практическом применении отдельные участки упругого зажима подвергаются преимущественно изгибающим или скручивающим нагрузкам, причем к соответственно преобладающей нагрузке могут добавляться более или менее значительные доли соответственно других видов нагрузки.

Обычный производственный маршрут их изготовления включает в себя рабочие шаги "разливки расплавленной стали с образованием отливок", "нагрева отливок" и "горячей прокатки отливок с образованием пружинной проволоки", "охлаждения горячекатаной пружинной проволоки" и "укладки или намотки пружинной проволоки в рулон", причем горячая прокатка обычно проводится в несколько шагов, которые включают в себя предварительную прокатку, промежуточную прокатку и прокатку начисто слитков в пружинную проволоку. Подлежащие при этом проходу рабочие шаги и требующие соблюдения факторы воздействия специалисту известны (см. например, Stahl Fibel (начальное руководство по стали), 2015, Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf, ISBN 978-3-514-00815-1).

Из полученных таким образом пружинных проволок формируются в холодном состоянии упругие зажимы. Для этого от пружинных проволок отрезаются стержни, которые затем, как правило, в несколько шагов, изгибаются с образованием упругого зажима. Посредством этого можно изготавливать упругие зажимы сложной формы. Затем полученные упругие зажимы подвергаются термообработке, при которой они нагреваются до температуры выше A_{c3} и затем закаляются для оптимизации за счет закалки их механических свойств. При этом целью является установка высоких прочностей при растяжении R_m и высоких пределов текучести $R_{p0,2}$. При этом стремятся к отношению $R_m/R_{p0,2} \sim 1$, чтобы, с одной стороны, с помощью упругих зажимов прикладывать высокие удерживающие силы и, с другой стороны, максимально расширить диапазон эластической деформации и обусловленную этим их усталостную прочность. Обычно, прочность при растяжении R_m и предел текучести $R_{p0,2}$ у рассматриваемых здесь упругих зажимов находятся в диапазоне 1200-1400 МПа.

Повышению прочности за счет, например, повышения содержания углерода здесь установлены границы посредством требования, что пружинная проволока должна использоваться для обработки давлением в холодном состоянии. Поэтому хорошо зарекомендовавшая себя стандартизованная согласно DIN EN 10089:2002 под маркировкой "38Si7" и обозначенная номером материала 1.5023 в StahlEisen-Liste (перечень сталей и чугунов) сталь состоит из, мас. %: 0,35-0,42% C, 1,50-1,80% Si, 0,50-0,80% Mn и в качестве остатка - из железа и неизбежных примесей, причем к неизбежным примесям относятся до 0,025% P и до 0,025% S.

Наряду с мероприятиями техники легирования, механические свойства предусмотренной для изготовления пружинных элементов пружинной проволоки могут быть улучшены посредством так называемой "термомеханической прокатки". В одном особо нацеленном на пружинную проволоку, которая предусмотрена для изготовления подвергающихся изгибающим нагрузкам пружин, варианте такой термомеханической прокатки пружинная проволока подвергается горячей прокатке в температурном диапазоне, в котором ее структура еще не полностью перекристаллизована, но который, однако, лежит выше A_{r3} -температуры стали. Посредством этого могут получаться пружинные проволоки с особо тонкой структурой, которая вносит вклад в высокую прочность и оптимизированное пружинное поведение упругих зажимов (DE 19546204 C1). В одном ориентированном, прежде всего, на обработку пружинной проволоки, которая предусмотрена для изготовления подвергающихся скручивающим нагрузкам пружин, другом варианте термомеханической деформации исходный материал в форме стержня нагревается со скоростью по меньшей мере 50 К/с выше температуры рекристаллизации и затем деформируется при

температуре, при которой получается динамическая и/или статическая рекристаллизация аустенита. Рекристаллизованный таким образом аустенит деформированного изделия подвергается закалке и отпуску (DE 19839383 A1).

В дополнение к описанному выше уровню техники, следует еще назвать описанную в CN 105112774 A пружинную сталь, которая является закаливаемой посредством воздушного охлаждения и при сравнительно низком содержании углерода и микролегирующих элементов должна обладать высокой деформируемостью. Для этого эта известная пружинная сталь состоит из, мас. %: 0,15-0,50% C, 0,30-2,00% Si, 0,60-2,50% Mn, до 0,020% S, до 0,025% P, 0,0005-0,0035% B и в качестве остатка - из Fe. После того как имеющая такой состав сталь нагревается до 900-1050°C и выдерживается при этой температуре, она получает за счет регулируемого охлаждения структуру, главными составными частями которой являются бейнит и мартенсит и которая может дополнительно иметь небольшие доли остаточного аустенита. Посредством низкотемпературного отпуска свойства стали могут быть дополнительно улучшены. Обработанная таким образом сталь должна иметь прочность при растяжении Rm по меньшей мере 1350 МПа, предел текучести Rp0,2 по меньшей мере 1050 МПа и удлинение A по меньшей мере 10%.

Исходя из описанного выше уровня техники была поставлена задача создания пружинной проволоки, которая также при диаметрах по меньшей мере в 9 мм может хорошо обрабатываться давлением в холодном состоянии, однако при этом обладает улучшенными механическими свойствами.

Решающая эту задачу пружинная проволока обладает согласно изобретению по меньшей мере приведенными в п.1 формулы изобретения признаками.

Помимо этого, должен быть разработан упругий зажим с оптимизированными свойствами и способ, который делает возможным удовлетворяющее практическим требованиям изготовление пружинных проволок согласно изобретению.

Упругий зажим для прижимания рельсов для рельсовых транспортных средств в месте крепления рельса, которая решает эту задачу, формуется из изготовленной согласно изобретению пружинной проволоки.

Способ, которые решает поставленную ранее задачу, включает в себя согласно изобретению по меньшей мере указанные в п.14 формулы изобретения рабочие шаги и признаки. При этом само собой разумеется, что при выполнении способа согласно изобретению специалист выполняет не только упомянутые в пунктах формулы изобретения и описанные здесь подробно шаги способа, но и все прочие шаги и действия, которые при практической реализации подобных способов обычно выполняются согласно уровню техники, если в этом возникает необходимость.

Предпочтительные варианты осуществления изобретения представлены в зависимых пунктах формулы изобретения и подробно описываются ниже как общие идеи изобретения.

В настоящем тексте, если нет явных указаний на нечто иное, данные о содержании легирующих компонентов всегда приводятся в мас. %.

В соответствии с этим пружинная проволока согласно изобретению изготавливается из стали, которая состоит из, мас. %:

C: 0,35-0,42%,
Si: 1,5-1,8%,
Mn: 0,5-0,8%,
Cr: 0,05-0,25%,
Nb: 0,020-0,10%,
V: 0,020-0,10%,
N: 0,0040-0,0120%,
Al: ≤0,03%

и в качестве остатка - из железа и неизбежных примесей, причем содержание суммы примесей ограничено максимально 0,2%, и к примесям относятся до 0,025% P и до 0,025% S.

Предусмотренная согласно изобретению для пружинной проволоки концепция легирования основывается на том, что предел прочности при растяжении Rm и предел текучести Rp0,2 повышаются за счет добавления дополнительных легирующих элементов. Это позволяет поддерживать содержание углерода и связанную с этим возможность обработки давлением в холодном состоянии пружинной проволоки на оптимально низком для практической обработки уровне, но одновременно заметно повысить относительно уровня техники прочность Rm и предел текучести Rp0,2. В частности, отдельные легирующие компоненты и их содержания при легировании пружинной проволоки согласно изобретению определяются следующим образом.

Углерод ("C") присутствует в пружинной стали пружинной проволоки согласно изобретению в диапазоне содержаний 0,35-0,42 мас. %, чтобы обеспечивать хорошую возможность обработки давлением, высокую вязкость, хорошую коррозионную стойкость и низкую чувствительность к индуцируемому напряжением и водородом образованием трещин. При этом содержания углерода максимально 0,40 мас. %, прежде всего, менее чем 0,40 мас. % особо хорошо зарекомендовали себя в отношении оптимизированной вязкости и сопутствующей ей оптимизированной возможности обработки давлением при комнатной температуре.

Кремний ("Si") присутствует в стали пружинной проволоки согласно изобретению в диапазоне содержаний 1,5-1,8 мас.%, прежде всего, 1,50-1,80 мас.%, чтобы за счет смешанного кристаллического упрочнения обеспечивать высокую прочность. Помимо этого, высокое содержание Si обеспечивает хорошую стойкость ("релаксационную стойкость") против снижения значений прочности пружинной стали в ходе термообработки, через которую обычно проходят отформованные из пружинной проволоки согласно изобретению упругие зажимы после их холодного формования. Для этого требуются содержания Si по меньшей мере 1,5 мас.%. Однако слишком высокие содержания Si снижали бы вязкость, повышали риск обезуглероживания в ходе термообработки и, помимо этого, способствовали образованию крупного зерна. Поэтому содержание Si согласно изобретению остается ограниченной до 1,8 мас.%.

Марганец ("Mn") присутствует в стали пружинной проволоки согласно изобретению в диапазоне содержаний 0,5-0,8 мас.%, чтобы обеспечивать достаточную закаливаемость пружинной стали. Помимо этого, Mn связывает неизбежно присутствующую серу с образованием MnS и, таким образом, препятствует ее вредному действию. Для этого в стали требуется по меньшей мере 0,5 мас.%, прежде всего по меньшей мере 0,50 мас.% Mn, причем оптимизированное действие устанавливается при содержаниях по меньшей мере 0,8 мас.%, прежде всего по меньшей мере 0,80 мас.% или по меньшей мере 0,7 мас.%. Впрочем, слишком высокие содержания Mn ухудшили бы температуру хрупкопластичного перехода (температура пластичный-хрупкий "DBTT"), поэтому содержание Mn ограничивается максимально до 0,8 мас.%, прежде всего 0,80 мас.%.

Хром ("Cr") в пружинной стали пружинной проволоки согласно изобретению присутствует в диапазоне содержаний 0,05-0,25 мас.%, чтобы дополнительно улучшить закаливаемость стали. При этом присутствие Cr в стали согласно изобретению гарантирует, что структура отформованного из пружинной проволоки согласно изобретению упругого зажима после закалки до более чем на 95% по площади состоит из мартенсита. Помимо этого, за счет содержания C по меньшей мере 0,05 мас.% могут быть снижены активность углерода и риск обезуглероживания поверхностного слоя при термообработке. Положительные эффекты Cr в пружинной стали пружинной проволоки согласно изобретению могут быть особо надежно использоваться за счет того, что содержание Cr предусматривается по меньшей мере 0,1 мас.%, прежде всего по меньшей мере 0,10 мас.% или прежде всего по меньшей мере 0,18 мас.%. Напротив, при находящихся выше 0,25 мас.% содержаниях хрома существует опасность, что на вязкость и релаксационную стойкость пружинной стали будет оказано вредное влияние.

Алюминий ("Al") требуется в стали согласно изобретению не для раскисления при производстве стали, а может факультативно добавляться к пружинной стали при содержаниях до 0,03 мас.%, чтобы поддерживать образование мелкокристаллической структуры. Однако более высокие содержания Al за счет чрезмерного образования оксидов или нитридов Al могут оказывать вредное влияние на чистоту стали согласно изобретению и связанную с ней вязкость.

Ниобий ("Nb") имеет особое значения для изобретения и присутствует в пружинной стали пружинной проволоки согласно изобретению в диапазоне содержаний 0,02-0,1 мас.%. Nb замедляет рекристаллизацию во время проводимой в температурном диапазоне "температура остановки рекристаллизации - Ar3-температура" пружинной стали термомеханической прокатки, за счет чего получается особо мелкозернистая структура пружинной стали согласно изобретению. Одновременно присутствие Nb ограничивает рост зерна, когда пружинная сталь согласно изобретению при термообработке отформованного из нее упругого зажима нагревается до температуры аустенизации и выдерживается при ней. В результате за счет добавления согласно изобретению Nb и вызванного вследствие этого образования особо мелкокристаллической структуры, которая остается неизменной также в ходе термообработки, через которую затем проходит упругий зажим, достигается заметное улучшение прочности. Для особо надежного использования положительного действия Nb содержание Nb в пружинной стали пружинной проволоки согласно изобретению может составлять по меньшей мере 0,0250 мас.%, по меньшей мере 0,0280 мас.% или по меньшей мере 0,030 мас.%. При этом Nb может быть особо эффективно использован при содержаниях до 0,070 мас.%, прежде всего до 0,050 мас.%.

Ванадий ("V") в пружинной стали пружинной проволоки согласно изобретению присутствует в диапазоне содержаний 0,020-0,10 мас.%. V образует с углеродом и азотом карбиды и нитриды, которые обычно имеются в виде мелких, например размером 8-12 нм, прежде всего примерно 10 нм, выделений карбонитрида и за счет дисперсионного твердения вносит существенный вклад в повышение прочности пружинной проволоки согласно изобретению. Одновременно V таким образом вносит вклад в релаксационную стойкость пружинной стали, из которой состоит пружинная проволока согласно изобретению. Чтобы особо надежно использовать положительное влияние V, содержание V пружинной стали пружинной проволоки согласно изобретению может составлять по меньшей мере 0,0250 мас.%, по меньшей мере 0,0280 мас.% или по меньшей мере 0,030 мас.%. При этом V может особо эффективно использоваться при содержаниях до 0,070 мас.%, прежде всего до 0,080 мас.%.

Комбинированное согласно изобретению присутствие Nb и V приводит в результате к высоким прочностям при растяжении Rm и обычно к почти одинаково высоким пределам текучести Rp0,2, так что у изготовленного из пружинной проволоки согласно изобретению упругого зажима отношение Rm/Rp0,2 обычно находится в оптимальном для срока службы и пружинного действия диапазоне 1-1,2.

Азот ("N") предусматривается в пружинной стали пружинного зажима согласно изобретению в диапазоне содержаний 0,0040-0,0120 мас.% (40-120 ч./млн), чтобы сделать возможным образование нитридов ванадия или карбонитридов ванадия. Однако слишком высокие содержания N способствовали бы деформационному старению пружинной проволоки согласно изобретению, что диаметрально противоположно требованию от упругого зажима усталостной прочности. При этом отрицательные воздействия присутствия N в пружинной стали пружинного зажима согласно изобретению могут особо надежно исключаться посредством того, что содержание N ограничено максимально до 0,0100 мас.% (100 ч./млн).

Состоящая из имеющей состав согласно изобретению пружинной стали пружинная проволока достигает в горячекатаном состоянии определенного при испытании по DIN EN ISO 6892-1 относительного сужения при разрыве Z по меньшей мере в 55% и, тем самым, обычно лежащего выше, чем относительное сужение при разрыве, которое может быть определено у пружинных сталей, которые состоят из обычно легированной стали 38Si.

Одновременно она имеет в горячекатаном состоянии определенную по ASTM E112 мелкозернистость своей структуры, равную по меньшей мере ASTM 10. Эта мелкозернистость структуры в максимальной мере сохраняется в ходе холодной обработки давлением с образованием упругого зажима и последующей термообработки упругого зажима. Так, упругие зажимы согласно изобретению, готовые для установки в место крепления рельса, обычно имеют мелкозернистость своей структуры, которая, определенная по ASTM E112, соответствует по меньшей мере ASTM 8. Это соответствует улучшению мелкозернистости по меньшей мере на один определенный в ASTM E112 класс зернистости по сравнению с упругим зажимом, гнутом из пружинной стали, который состоит из обычной стали 38Si7.

Способ согласно изобретению изготовления полученной согласно изобретению пружинной стали включает в себя следующие рабочие шаги:

А) выплавки стали, которая состоит из, мас.-%: C: 0,35-0,42%, Si: 1,5-1,8%, Mn: 0,50-0,80%, Cr: 0,05-0,25%, Nb: 0,020-0,10%, V: 0,020-0,10%, N: 0,0040-0,0120%, Al: $\leq 0,03\%$ и в качестве остатка - из железа и неизбежных примесей, причем содержание суммы примесей ограничено максимально до 0,2%, и к примесям относятся до 0,025% P и до 0,025% S,

Б) разливки стали в полуфабрикат,

В) горячей прокатки полуфабриката в горячекатаную пружинную сталь с конечным диаметром 9-15 мм, причем горячую прокатку проводят по меньшей мере в два частичных шага, причем пружинную проволоку в последнем частичном шаге горячей прокатки термомеханически окончательно подвергают горячей прокатке при температуре, которая лежит ниже температуры остановки рекристаллизации стали пружинной проволоки и выше Ar_3 -температуры стали пружинной проволоки,

Г) охлаждения термомеханически окончательно горячекатаной пружинной проволоки со скоростью охлаждения 1-5°C/с до температуры намотки 550-650°C,

Д) укладки или намотки охлажденной до температуры намотки пружинной проволоки в рулон,

Е) охлаждения пружинной проволоки в рулоне до комнатной температуры.

Таким образом, согласно изобретению пружинную проволоку в ходе горячей прокатки подвергают шагу термомеханической прокатки, в котором ее прокатывают при температурах, которые лежат ниже температуры остановки рекристаллизации и выше Ar_3 -температуры стали. При этом "температурой остановки рекристаллизации" обозначается температура, при которой пружинная сталь охлаждалась в такой степени, что больше не происходит рекристаллизация ее до этого момента аустенитной структуры. За счет проведения термомеханической прокатки в заданном согласно изобретению температурном диапазоне в сочетании с выбранным согласно изобретению легированием, прежде всего, вследствие одновременного присутствия Nb и V, получается особо мелкозернистая структура, которой отличается пружинная проволока согласно изобретению в горячекатаном состоянии.

Одновременно за счет охлаждения горячекатаной пружинной проволоки с заданными согласно изобретению скоростями охлаждения и за счет поддержания предписанных согласно изобретению температур намотки в 550-650°C обеспечивается, что в ходе дисперсионного твердения устанавливается максимум твердости пружинной проволоки согласно изобретению.

В принципе, можно было бы проводить частичный шаг горячей прокатки "термомеханическую прокатку" в отдельном рабочем шаге, который проводят после собственно горячей прокатки пружинной проволоки. Тогда для этого горячекатаную подготовленную пружинную проволоку сначала нагревают до температуры аустенизации, затем охлаждают до находящейся ниже температуры остановки рекристаллизации, но выше Ar_3 -температуры пружинной стали температуры, и при этой температуре прокатывают с достаточной степенью деформации. Вслед за этим происходит охлаждение, и укладка или намотка пружинной стали, как указано в рабочих шагах Г) и Д) способа согласно изобретению.

Впрочем, технологически и экономически оптимизированный вариант способа согласно изобретению предусматривает, что все частичные шаги горячей прокатки (рабочий шаг В) выполняют в непрерывном цикле, следовательно, что когда пружинная проволока покидает соответственно используемую линию горячей прокатки, имеется термомеханически окончательно горячекатаная пружинная проволока.

Ниже изобретение будет более подробно разъяснено со ссылкой на примеры осуществления.

Были выплавлены легированные согласно изобретению плавки E1-E5, составы которых приведены в табл. 1.

Для сравнения была выплавлена плавка V1 сравнения, содержания C, Si, Mn, P, S и N в которой соответствовали применимым для стали 38Si7 условиям, которые, однако, еще имели дополнительно Cr в эффективных количествах. Состав плавки V1 также приведен в табл. 1.

Из плавки E1-E5, V1 были отлиты обычные слитки, которые также обычным образом были промежуточно и предварительно прокатаны в несколько стадий в пружинную проволоку, прежде чем они на последней стадии горячей прокатки были окончательно прокатаны в горячем состоянии. Эта последняя стадия горячей прокатки проводилась как термомеханическая прокатка. Для этого пружинная проволока перед входом в последнюю стадию горячей прокатки была охлаждена до температуры, которая в данном случае лежала ниже лежащей в диапазоне 850-950°C температуры остановки рекристаллизации сталей E1-E5 и V1 и выше составляющей в данном случае 750-800°C Ar3-температуры сталей E1-E5 и V1.

Температура остановки рекристаллизации соответствующей пружинной стали, из которой изготовлена соответствующая пружинная проволока E1-E5, V1, может быть экспериментально определена известным образом или оценена с помощью эмпирически определенных формул.

Точно так же Ar3-температуры и Ar1 соответствующей пружинной стали, из которой изготовлена соответствующая пружинная сталь E1-E5, V1, могли определяться экспериментально известным способом, например, посредством дилатометрии в термомеханическом имитаторе.

После окончания горячей прокатки полученные горячекатаные пружинные проволоки охлаждались со скоростью охлаждения 1-5°C/с до температуры намотки 550-650°C, при которой они были намотаны в рулон. Затем пружинные проволоки в рулоне были охлаждены до комнатной температуры.

На полученных горячекатаных проволоках были определены по ASTM E112 зернистость "ASTM_F" структуры и по DIN EN ISO 8892-1 относительное сужение при разрыве "Z_F". Полученные значения "ASTM_F" и "Z_F" для состоящих из сталей E1-E5 и V1 пружинных проволок приведены в табл. 2.

От горячекатаных состоящих из сталей E1-E5, V1 пружинных проволок были отрезаны стержни, которые после проведенных обычным образом травления и рихтовки в несколько стадий в холодном состоянии, то есть при комнатной температуре, были изогнуты в отформованные обычным образом ω-образные упругие зажимы.

После такого холодного формования полученные упругие зажимы были подвергнуты термообработке, при которой они нагревались до температуры аустенизации 850-950°C, так что их структура была полностью аустенитной. Затем подвергнутые таким образом аустенизации упругие зажимы были закалены водой, так что их структура более чем на 95% по площади была мартенситной.

После закалки упругие зажимы прошли отпуск, при котором они в течение 80-120 мин были нагреты до составляющей 400-450°C температуры отпуска и выдержаны. Затем отпущенные таким образом упругие зажимы были охлаждены на воздухе до комнатной температуры.

На полученных таким образом упругих зажимах были определены по DIN EN ISO 8892-1 прочность при растяжении Rm и предел текучести Rp0,2. Помимо этого, по DIN EN ISO 148-1 в качестве показателя вязкости была определена работа разрушения KV-20. Полученные результаты измерений приведены в табл. 2. Оказалось, что не только могли быть заметно повышены прочность при растяжении Rm и предел текучести Rp0,2 изготовленных согласно изобретению из имеющей состав согласно изобретению пружинной стали E1 пружинных зажимов при неизменной работе разрушения KV-20 по сравнению с изготовленными из стали сравнения V1 упругими зажимами, но и что при этом отношение Rm/Rp0,2 остается практически одинаковым.

Одновременно изготовленные из пружинных сталей E1-E5 упругие зажимы имели заметно лучшую определенную по ASTM E112 мелкозернистость "ASTM" структуры, чем состоящие из стали сравнения V1 упругие зажимы.

Затем состоящие из сталей E1-E5 согласно изобретению и стали сравнения V1 были в одинаковых условиях встроены в место крепления и определены оказываемые ими удерживающие силы в новом состоянии "TLn" и состоянии "TL3M" после 3 миллионов изменений нагрузки. Также и результаты этих измерений представлены в табл. 2. Оказалось, что состоящие из сталей E1-E5 согласно изобретению упругие зажимы обеспечивают более высокую удерживающую силу не только в новом состоянии, но и что эта удерживающая сила после 3 млн изменений нагрузки снижается лишь незначительно, напротив, она у состоящих из стали сравнения V1 упругих зажимов снижается на заметно большую величину.

Таблица 1

Пружинная сталь	C Si Mn P S Cr Nb V N								
	% по массе								
E1	0,38	1,58	0,75	0,006	0,017	0,21	0,03	0,03	70
E2	0,37	1,55	0,74	0,010	0,014	0,21	0,03	0,06	70
E3	0,38	1,56	0,75	0,009	0,014	0,22	0,03	0,06	110
E4	0,38	1,56	0,75	0,009	0,014	0,22	0,06	0,04	70
E5	0,38	1,56	0,75	0,009	0,014	0,22	0,06	0,06	110
V1	0,38	1,56	0,63	0,009	0,016	0,22	-	-	80

Остаток - железо и другие неизбежные примеси.

Таблица 2

Пружинная сталь	Z _F %	ASTM _F	Rm МПа	Rp0.2 МПа	KV-20 Дж	ASTM	TL _B кН	TL _{3M} кН
E1	58-60	10-11	1460	1320	16-18	8-9	9,6	9,4
E2	58-60	10-11	1470	1330	16-18	8-9	9,8	9,4
E3	56-58	10-11	1540	1390	14-16	8-9	10,0	9,5
E4	56-58	10-11	1530	1380	14-16	8-9	10,0	9,5
E5	56-58	10-11	1600	1440	14-16	8-9	10,2	9,7
V1	53-54	8-9	1380	1250	16-18	6-7	9,2	8,5

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Пружинная проволока, изготовленная из стали, которая состоит из, мас. %:

C: 0,35-0,42%,

Si: 1,5-1,8%,

Mn: 0,5-0,8%,

Cr: 0,05-0,25%,

Nb: 0,020-0,10%,

V: 0,020-0,10%,

N: 0,0040-0,0120%,

Al: ≤0,03%

и в качестве остатка - из железа и неизбежных примесей, причем содержание суммы примесей ограничено максимально 0,2%, и к примесям относятся до 0,025% P и до 0,025% S.

2. Пружинная проволока по п.1, отличающаяся тем, что ее содержание C составляет максимально 0,40 мас. %.

3. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что ее содержание Cr составляет по меньшей мере 0,1 мас. %.

4. Пружинная проволока по п.2, отличающаяся тем, что ее содержание Cr составляет по меньшей мере 0,18 мас. %.

5. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что ее содержание Mn составляет по меньшей мере 0,6 мас. %.

6. Пружинная проволока по п.5, отличающаяся тем, что ее содержание Mn составляет по меньшей мере 0,7 мас. %.

7. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что ее содержание Nb составляет по меньшей мере 0,030 мас. %.

8. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что ее содержание Nb составляет максимально 0,070 мас. %.

9. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что ее содержание V составляет максимально 0,060 мас. %.

10. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что ее содержание N составляет по меньшей мере 0,0060 мас. %.

11. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что она при испытании на растяжение по DIN EN ISO 6892-1 достигает относительного сужения при разрыве Z по меньшей мере 55%.

12. Пружинная проволока по одному из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что определенная по ASTM E112 мелкозернистость ее структуры соответствует ASTM 10.

13. Упругий зажим для прижимания рельса для рельсовых транспортных средств в месте крепления рельса, изготовленный из полученной по одному из предшествующих пунктов пружинной проволоки.

14. Способ изготовления полученной согласно п.11 или 12 пружиной стали, включающий в себя следующие рабочие шаги:

А) выплавка стали, которая состоит из, мас. %: C: 0,35-0,42%, Si: 1,5-1,8%, Mn: 0,50-0,80%, Cr: 0,05-0,25%, Nb: 0,020-0,10%, V: 0,020-0,10%, N: 0,0040-0,0120%, Al: ≤0,03% и в качестве остатка - из железа и неизбежных примесей, причем содержание суммы примесей ограничено максимально до 0,2%, и к примесям относятся до 0,025% P и до 0,025% S,

Б) разливка стали в полуфабрикат,

В) горячая прокатка полуфабриката в горячекатаную пружинную сталь с конечным диаметром 9-15 мм, причем горячую прокатку проводят по меньшей мере в два частичных шага, причем пружинную проволоку в последнем частичном шаге горячей прокатки термомеханически окончательно подвергают горячей прокатке при температуре, которая лежит ниже температуры остановки рекристаллизации стали пружинной проволоки и выше Ag3-температуры стали пружинной проволоки,

Г) охлаждение термомеханически окончательно горячекатаной пружинной проволоки со скоростью охлаждения 1-5°C/с до температуры намотки 550-650°C,

Д) укладка или намотка охлажденной до температуры намотки пружинной проволоки в рулон,
Е) охлаждение пружинной проволоки в рулоне до комнатной температуры.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что частичные шаги горячей прокатки (рабочий шаг В) выполняют в непрерывном цикле.

