

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 8654

(13) С1

(46) 2006.12.30

(51)⁷ С 21D 7/02,
В 23P 9/02,
В 24В 39/06

(54)

СПОСОБ УПРОЧНЕНИЯ РЕССОРЫ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(21) Номер заявки: а 20030980

(22) 2003.10.27

(43) 2005.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Степаненко Александр Васильевич; Король Владимир Андреевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2085355 С1, 1997.

ВУ 2948 С1, 1999.

ВУ 434 С1, 1994.

SU 76873, 1949.

SU 1167221 А, 1985.

SU 82037, 1949.

SU 1514807 А1, 1989.

US 3793868, 1974.

GB 2050222 А, 1979.

(57)

1. Способ упрочнения рессоры, включающий создание на ее поверхности напряжений сжатия путем деформации поверхности, **отличающийся** тем, что напряжения сжатия создают образованием в поверхностном слое фасонной полосчатой деформированной структуры, состоящей, по меньшей мере, из двух параллельных полос периодического профиля в поперечном сечении.

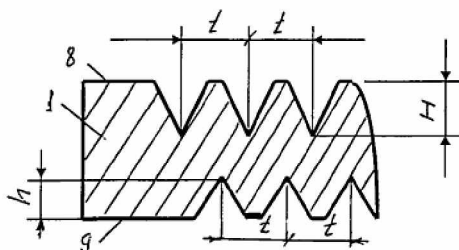
2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют в продольном направлении из полос, параллельных длинной стороне рессоры.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют из полос, направленных под углом к длинной стороне рессоры.

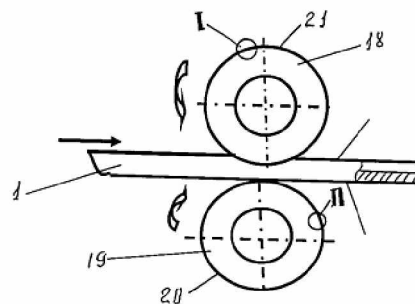
4. Способ по любому из пп. 1-3, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру в продольном направлении образуют совместно со сдвиговой деформацией поверхности рессоры в продольном направлении.

5. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что полосы полосчатой деформированной структуры образуют вдоль прямой или кривой линии.

6. Способ по любому из пп. 1-5, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры.



Фиг. 5



Фиг. 7

BY 8654 C1 2006.12.30

7. Способ по любому из пп. 1-6, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют в поверхностном слое рессоры в виде периодической макроструктуры с образованием в поперечном сечении продольных выступов и впадин.

8. Способ по п. 7, **отличающийся** тем, что фасонный профиль полосчатой деформированной структуры образуют в виде угловых впадин и прямолинейных выступов.

9. Способ по любому из п. 7 или 8, **отличающийся** тем, что впадины полосчатой деформированной структуры образуют с различными углами раскрытия.

10. Способ по п. 7, **отличающийся** тем, что впадины полосчатой деформированной структуры образуют в форме вогнутого криволинейного фасонного профиля с одинаковым и/или разным радиусом кривизны.

11. Способ по любому из пп. 1-10, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры с различной по величине глубиной деформации.

12. Способ по любому из пп. 1-11, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры с одинаковым по величине шагом.

13. Способ по любому из пп. 1-11, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры с различным по величине шагом.

14. Способ по любому из пп. 1-13, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру периодического профиля образуют продольной холодной прокаткой рессоры между деформирующими вращающимися инструментами или между деформирующим инструментом и недеформирующим инструментом.

15. Способ по п. 14, **отличающийся** тем, что при продольной холодной прокатке рессоры между деформирующими инструментами осуществляют рассогласование вращения инструментов.

16. Способ по любому из пп. 1-3, 5-15, **отличающийся** тем, что полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры путем совмещения продольной деформации и сдвиговой деформации в поперечном направлении относительно оси рессоры.

17. Устройство для упрочнения рессоры, содержащее средство деформации для создания на упрочняемой поверхности рессоры напряжений сжатия, **отличающееся** тем, что средство деформации выполнено в виде валковой клетки с, по меньшей мере, одним приводным валком, поверхность бочки которого образована, по меньшей мере, двумя кольцеобразными периодическими выступами и впадинами регулярного характера по кольцевой направляющей.

18. Устройство по п. 17, **отличающееся** тем, что периодические выступы и впадины выполнены на поверхности бочки валка в виде однозаходной и/или многозаходной резьбы.

19. Устройство по любому из пп. 17-18, **отличающееся** тем, что валки в клетки выполнены различного диаметра.

20. Устройство по любому из пп. 17-19, **отличающееся** тем, что валковая клетка выполнена в виде пары гладкой - резьбовой валок.

21. Устройство по любому из пп. 17-19, **отличающееся** тем, что валковая клетка выполнена в виде пары резьбовой - резьбовой валок, соответственно, с правой или левой резьбой.

22. Устройство по п. 21, **отличающееся** тем, что резьбовые валки выполнены с постоянным и/или переменным шагом резьбы.

23. Устройство по пп. 21-22, **отличающееся** тем, что резьбовые валки выполнены с постоянным шагом и/или с различной глубиной резьбы.

24. Устройство по любому из пп. 17-18, 20-23, **отличающееся** тем, что валки в клетки выполнены одинакового диаметра.

BY 8654 C1 2006.12.30

Изобретение относится к технологическим процессам повышения эксплуатационных свойств деталей путем холодного поверхностного упрочнения пластической деформацией, преимущественно рессорного листа.

Известны способы поверхностного пластического упрочнения деформированием листовых изделий (ППД) путем обработки дробью, центробежной обработки, применяемые для повышения эксплуатационных свойств изделий [1].

Известное устройство, реализующее способ поверхностного пластического деформирования (ППД), включает дробеструйный автомат центробежной обработки дробью изделий [1].

Рекомендуемые режимы обработки ориентированы на обеспечение эффекта упрочнения и минимальной шероховатости за счет многократного перекрытия следов пластической деформации от дробного инструмента, что существенно снижает производительность обработки.

Известен способ упрочнения контактных поверхностей сопрягаемых стальных деталей малой жесткости с образованием на обрабатываемых поверхностях наклепом рифлений [2].

Известное устройство, реализующее способ обработки контактных поверхностей сопрягаемых стальных деталей малой жесткости, включает дробеметную установку для образования на обрабатываемых поверхностях наклепом рифлений [2].

Рифления представляют совокупность дискретных непересекающихся следов от воздействия обрабатывающего дробного инструмента.

Недостатком способа является ограниченная область его применения.

В качестве прототипа принят способ упрочнения листового металла, в том числе рессорного листа, при котором подлежащую упрочнению зону подвергают дробеструйной обработке для повышения упрочнения металла путем создания на его поверхности напряжений сжатия вследствие дробной деформации поверхности, при этом изменяют плотность расположения по поверхности дискретных участков для регулирования разнопрочности металла, что не исключает депланацию профиля листовой рессоры [3].

Устройство для реализации описанного выше способа упрочнения включает дробеметную установку, в которой для получения требуемой глубины отпечатка изменяют кинетическую энергию дроби за счет варьирования частоты вращения ротора установки. В описанных выше условиях обработки она составляла 1600, 2100, 2700, 3500 об/мин. Время экспозиции обработки во всех случаях составляло 20 с [3].

Недостаток известных технологий упрочнения рессоры проявляется в загрязнении окружающей среды, низкой экологической культуре, в малой производительности и невозможности прецизионным управлением прочностными свойствами изделия.

В процессе эксплуатации рессорного листа, упрочненного по известной технологии известными устройствами, разрушение рессорного листа происходит путем лавинообразного движения трещин по всему сечению листа в виде хрупкого разрушения, которое повышает аварийность движения современного высокоскоростного автомобиля.

Кроме того, известные технологии практически трудно поддаются программированию, что делает их непригодными в непрерывных технологических процессах производства машин и оборудования с применением упрочненных листовых изделий.

В основу изобретения поставлена задача исключения загрязнения окружающей среды, повышение экологической культуры технологии упрочнения, регулирования в заданных пределах производительности и возможности программирования управлением прочностными свойствами изделия.

Поставленная задача достигается тем, что в способе упрочнения рессоры, включающем создание на ее поверхности напряжений сжатия путем деформации поверхности, согласно изобретению, напряжения сжатия создают образованием в поверхностном слое фасонной полосчатой деформированной структуры, состоящей, по меньшей мере, из двух параллельных полос периодического профиля в поперечном сечении.

BY 8654 C1 2006.12.30

В способе полосчатую деформированную структуру образуют в продольном направлении из полос, параллельных длинной стороне рессоры.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют из полос, направленных под углом к длинной стороне рессоры.

В способе полосчатую деформированную структуры в продольном направлении образуют совместно со сдвиговой деформацией поверхности рессоры в поперечном направлении.

В способе полосы полосчатой деформированной структуры образуют вдоль прямой линии и/или кривой линии.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют в поверхностном слое рессоры в виде периодической макроструктуры с образованием в поперечном сечении, продольных выступов и впадин.

В способе фасонный профиль полосчатой деформированной структуры образуют в виде угловых впадин и прямолинейных выступов.

В способе впадины полосчатой деформированной структуры образуют с различными углами раскрытия.

В способе впадины полосчатой деформированной структуры образуют в форме вогнутого криволинейного фасонного профиля с одинаковым и/или разным радиусом кривизны.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры с различной по величине глубиной деформации.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры с одинаковым по величине шагом.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры с различным по величине шагом.

В способе полосчатую деформированную структуру периодического профиля образуют продольной холодной прокаткой рессоры между деформирующими вращающимися инструментами или между деформирующим инструментом и недеформирующим инструментом.

В способе при продольной холодной прокатке рессоры между деформирующими инструментами осуществляют рассогласование вращения инструментов.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют на вогнутой и/или выпуклой стороне рессоры путем совмещения продольной деформации и сдвиговой деформации в поперечном направлении относительно оси рессоры.

В устройстве для осуществления способа для упрочнения рессоры, содержащем средство деформации для создания на упрочняемой поверхности напряжений сжатия, согласно изобретению, средство деформации выполнено в виде валковой клетки с, по меньшей мере, одним приводным валком, поверхность бочки которого образована, по меньшей мере, двумя кольцеобразными периодическими выступами и впадинами, регулярного характера по кольцевой направляющей.

В устройстве периодические выступы и впадины выполнены на поверхности бочки валки в виде однозаходной и/или многозаходной резьбы.

В устройстве валки в клетке выполнены различного диаметра.

В устройстве валковая клетка выполнена в виде пары: гладкий-резьбовой валок.

В устройстве валковая клетка выполнена в виде пары: резьбовой-резьбовой валок, соответственно, с правой или с левой резьбой.

В устройстве резьбовые валки выполнены с постоянным шагом и/или переменным шагом резьбы.

В устройстве резьбовые валки выполнены с постоянным шагом и/или с различной глубиной резьбы.

В устройстве валки в клетке выполнены одинакового диаметра.

BY 8654 C1 2006.12.30

Между отличительными признаками и техническим результатом имеется причинно-следственная связь, содержащая элементы неочевидности для данной области техники. Исключение для упрочнения рессоры дробеструйной обработки и замена ее прокаткой придает изобретению новое качество, заключающееся в высокой экологической культуре, повышении регулируемой производительности, совместимости с программным продуктом, и обуславливает ее высокую технологичность в промышленном использовании.

Разрушение рессорного листа в процессе его эксплуатации с исключением лавинообразного движения трещин по всему сечению листа в виде хрупкого разрушения и заменой его пластическим разрушением повышает безаварийность эксплуатации современного высокоскоростного автомобиля.

По сведениям, которыми располагает заявитель, предлагаемая совокупность существенных признаков, характеризующих сущность полезной модели, не известна из уровня техники, следовательно, изобретение соответствует критерию «новизна».

Предлагаемая сущность изобретения может быть многократно практически использована в любой области техники. В этой связи очевидным является соответствие заявленной полезной модели критерию «промышленная применимость». Для лучшего понимания изобретения его поясняют чертежом, где

фиг. 1 - показан общий вид в плане упрочняемой рессоры с деформированной структурой под углом к длинной стороне рессоры;

фиг. 2 - показан общий вид в плане упрочняемой рессоры с деформированной структурой параллельно длинной стороне рессоры;

фиг. 3 - вид деформированной структуры в сечении в виде продольных выступов и впадин;

фиг. 4, 5 - схемы образования полосчатой деформированной структуры с различной по величине глубиной h и H деформирования, шагом и конфигурацией выступов и впадин;

фиг. 6 - схема прокатки для образования полосчатой деформированной структуры на вогнутой стороне и/или выпуклой стороне рессоры;

фиг. 7 - схема устройства для образования полосчатой деформированной структуры;

фиг. 8 и 9 - схема устройства выступов и впадин в виде однозаходной или многозаходной резьбы для образования полосчатой деформированной структуры;

фиг. 10 - схема образования полосчатой деформированной структуры криволинейной траектории;

фиг. 11 - схема устройства, валковая клеть которого выполнена в виде пары: гладкий валок-резьбовой валок;

фиг. 12 - схема устройства, валковая клеть которого выполнена в виде пары: резьбовой валок-резьбовой валок, соответственно, с левой или с правой резьбой в паре.

Реализация способа обработки осуществляется следующим образом.

Способ упрочнения рессоры 1 по фиг. 1, 2 длиной L и шириной B включает создание на ее поверхности напряжений сжатия посредством дробной деформации поверхности. Напряжения сжатия создают путем образования в поверхностном слое рессоры 1 деформированной структуры, состоящей, по меньшей мере, из двух параллельных полос 2, 3.

Полосчатую деформированную структуру по фиг. 1 образуют также из полос 2, 3, направленных под углом δ к длинной стороне 4 рессоры 1.

Полосчатую деформированную структуру образуют по фиг. 2 в продольном направлении параллельно длинной стороне 4 рессоры 1 также из полос 5 и 6.

Каждый элемент полос 2, 3, 5, 6, 7 полосчатой деформированной структуры образован по фиг. 1, 2, 10 вдоль прямолинейной или криволинейной траектории.

Полосчатую деформированную структуру, согласно схеме прокатки по фиг. 6, образуют на вогнутой стороне 8 и/или выпуклой стороне 9 рессоры 1.

Полосчатую деформированную структуру по фиг. 3 образуют в поверхностном слое рессоры в виде периодической макроструктуры с возможностью образования в попереч-

ВУ 8654 С1 2006.12.30

ном сечении продольных выступов 10 и впадин 11 с оптимальным углом $\alpha=60^\circ$. Полосчатую деформированную структуру в виде выступов 12 и впадин 13 образуют по фиг. 5 в форме вогнутоугольного-выпуклопрямолинейного фасонного профиля с различными углами α_1 и α_2 раскрытия.

Полосчатую деформированную структуру по впадинам 14 и выступам 15 в форме вогнуто-выпуклого криволинейного фасонного профиля по фиг. 4 образуют с одинаковыми и/или разными радиусами R и R_1 кривизны.

В способе полосчатую деформированную структуру образуют по фиг. 6 на вогнутой и/или выпуклой сторонах 8, 9 рессоры 1 путем совмещения продольной деформации и сдвиговой деформации в поперечном направлении относительно оси рессоры 1. Радиусную криволинейную структуру по фиг. 5, 6, 7, 8 могут выполнять на вогнутой стороне 8 и/или выпуклой стороне 9 рессоры 1 с различной по величине глубиной h и H деформирования.

Полосчатую деформированную структуру по фиг. 1, 2, 3, 5 могут выполнять на вогнутой стороне 8 и/или выпуклой стороне 9 рессоры 1 с одинаковым по величине шагом t или t_1 . Полосчатую деформированную структуру по фиг. 4 образуют на вогнутой и/или выпуклой сторонах 8, 9 рессоры 1 с различным по величине шагом t и T .

Полосчатую деформированную структуру по фиг. 1 образуют заданного макрорельефа путем продольной прокатки рессоры 1 по фиг. 6, между двумя деформирующими инструментами 16, 17 (двухсторонняя прокатка) или между деформирующим инструментом 18 и недеформирующим инструментом 19 (односторонняя прокатка), с одинаковой или различной частотой вращения инструментов 16 и 17; 18 и 19.

Устройство для осуществления способа упрочнения рессоры содержит средство дробной деформации для создания на упрочняемой поверхности напряжений сжатия, которое выполнено по фиг. 6, 7 в виде двух валков 16 и 17; 18 и 19, собранных, соответственно в клетки с, по меньшей мере, одним приводным валком 16 по фиг. 6 или двумя приводными валками 18, 19 по фиг. 7, поверхность 20, 21, 22 бочки по фиг. 6, 7 которых образована образующей, выполненной в продольном сечении в виде, по меньшей мере по фиг. 8, двух кольцеобразных периодических выступов 23 и впадин 24 регулярного характера, описывающих поверхность 21 бочки валка по направляющей в виде окружности.

В устройстве кольцеобразные периодические выступы 25 и впадины 26 выполнены на поверхности 22 бочки валка 19 в виде однозаходной и/или многозаходной резьбы по фиг. 9.

В устройстве валковая клеть по фиг. 11 выполнена в виде пары: гладкий валок 27-резьбовой валок 28.

В устройстве валковая клеть по фиг. 12 выполнена в виде пары: резьбовой валок 29-резьбовой валок 30, соответственно с правой или левой резьбой в паре.

В устройстве по фиг. 6, 7, 8, 9, 11, 12 валки 16, 17, 18, 19, 27, 28, 29, 30 выполнены с постоянным шагом t или с переменным шагом t_2, t_3 резьбы.

В устройстве по фиг. 6, 7, 8, 9, 11, 12 валки 16, 17, 18, 19, 27, 28, 29, 30 выполнены с различной глубиной h_1, H_1 резьбы.

В устройстве валковая клеть выполнена по фиг. 11 с валками 27, 28 равного или фиг. 12 с валками 29, 30 различного диаметра.

Направленная ориентация семейства поверхностно-деформированных полос приводит к образованию текстурированных слоев металла (армирующих нитей), обладающих высокими механическими свойствами.

Совпадение их с направлением максимальных упругих деформаций резко повышает усталостную прочность рессорных листов. Армирующие нити, кроме того, являются барьерами, препятствующими распространению микро- и макротрещин, возникающих в процессе воздействия на рессорный лист знакопеременных напряжений сжатия-растяжения. Вследствие этого разрушение рессорного листа в процессе его эксплуатации происходит не путем лавинообразного движения трещин по всему сечению листа в виде хрупкого раз-

ВУ 8654 С1 2006.12.30

рушения, которое может привести к аварии современного высокоскоростного автомобиля, как это наблюдается после дробеструйной обработки, а возможно лишь в промежутках между соседними упрочненными нитеобразными слоями, которые несут роль деконцентраторов неуправляемых напряжений сжатия растягивания, т.е. зона распространения трещин разделяется на множество локальных дискретных процессов и может привести только к условиям вязкого разрушения, что дает основания владельцу автомобиля предупредить аварию.

При незначительной глубине вдавливания инструмента до 0,3 мм в поверхностном слое деформированного металла степень деформации достигает до 60-80 %, что приводит к образованию текстуры.

Кроме того, ускоряется распад остаточного мартенсита и аустенита, измельчение зерен, переход карбида в мелкозернистый цементит, т.е. образование текстурированного троостита.

При дробеструйной обработке направленная ориентация деформированных слоев отсутствует и возможно лишь локальное образование разнонаправленных текстур, приводящих к анизотропии свойств.

Образование в поверхностном слое фасонной полосчатой деформированной структуры, состоящей, по меньшей мере, из двух параллельных полос, приводит к снижению остаточных напряжений первого рода, что способствует повышению эксплуатационной стойкости рессоры.

В таблице приведены результаты сравнительных испытаний на циклическую прочность образцов, упрочненных по режимам заявленного способа и по базовому. Из таблицы видно, что наибольшее значение предела прочности показали образцы, упрочненные по заявленной технологии в режиме упрочнения и в режиме обеспечения макрорельефа по условиям описываемого способа. Это обстоятельство объясняется эффектом упрочнения, обусловленным соответствующими структурными изменениями, проходящими при обработке, и новой схемой деформации.

Таблица

Способ упрочнения известный и заявленный		Номер образца					
		1	2	3	4	5	Среднее значение
Число циклов нагрузки листовой рессоры до разрушения	Упрочнение дробью по прототипу	13347	14410	14166	13830	13970	13945
	Упрочнение за один проход по изобретению	18234	18410	17578	18117	17555	17980
	Упрочнение за два про- хода по изобретению	23282	23596	23156	23410	24070	23503

Результаты сравнительных испытаний листов рессоры после обработки дробью в режиме упрочнения и поверхностного упрочнения по изобретению за один и два прохода по числу циклов нагрузки до разрушения представлены в таблице. Образцы рессоры изготовлены были из полосы 8×60×600 мм из стали 50ХГФА, после закалки в масле при 850°С, отпуск при 420°С, HRC 42...44, скорость прокатки составляла 2 м/с, инструмент валковый с метрической резьбой М18, шаг 2,0 мм и 1,25 мм, число заходов резьбы - 12, шаг заходов - 18 на бочке инструмента.

Как следует из данных таблицы, по сравнению с базовой дробеструйной обработкой прочность после использования заявленной технологии повышается на 30 %, а после упрочнения по режиму за два прохода циклическая прочность повышается до 70 %.

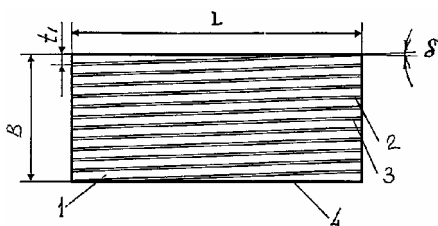
ВУ 8654 С1 2006.12.30

Положительный результат заключается в исключении загрязнения окружающей среды, повышении экологической культуры технологии упрочнения, безопасности эксплуатации автотранспорта, регулировании в заданных пределах производительности и возможности программирования управлением прочностными свойствами изделия, что расширяет технологические возможности использования заявленного способа в непрерывных технологических процессах производства машин и оборудования с применением упрочненных листовых изделий.

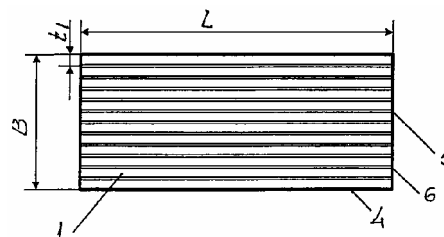
Промышленное освоение планируется в СНГ и США.

Источники информации:

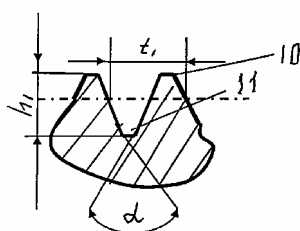
1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием, Справочник. - М.:Машиностроение, 1987. - С. 328.
2. А.с. СССР 103959, МПК В 23Р 9/00, 1955.
3. RU патент 2085355, МПК В 23Р 9/02, В 24В 39/00, 26.08.93, опубл. 27.07.97.
3. Патент Японии, JP 6016987 В4, 10.06.88. В 24С 1/10 // Изобретения стран мира. - Вып. 019. - № 11/96.



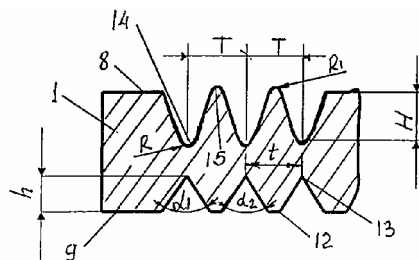
Фиг. 1



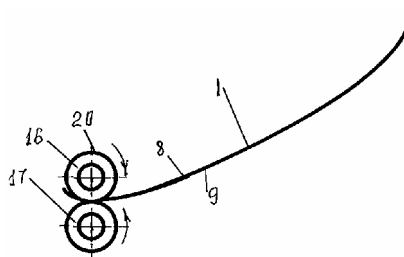
Фиг. 2



Фиг. 3

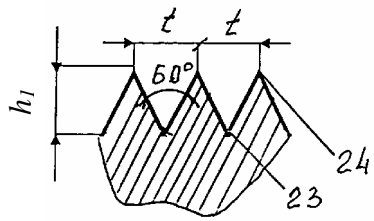


Фиг. 4



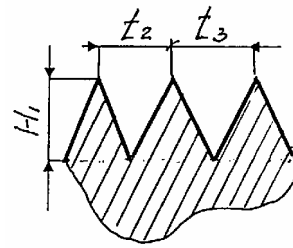
Фиг. 6

I

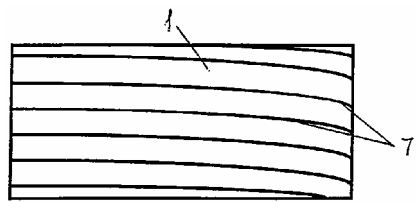


Фиг. 8

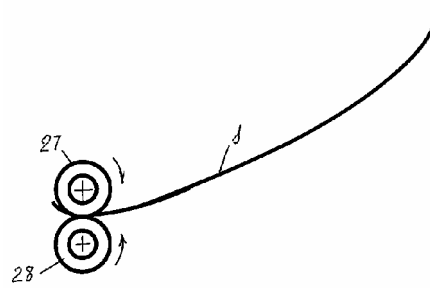
II



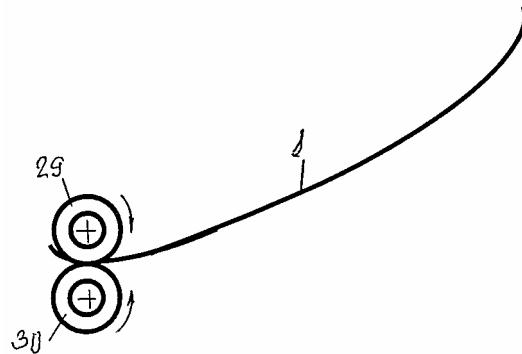
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12