

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039122**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.12.07

(51) Int. Cl. **B24B 39/04** (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202092246

(22) Дата подачи заявки
2020.10.20

(54) **СПОСОБ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ**

(31) **2019141341**

(56) RU-C1-2707844
RU-C1-2385213
RU-C1-2460628
US-A-3276918

(32) **2019.12.11**

(33) **RU**

(43) **2021.06.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"МАГНИТОГОРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Г.И. НОСОВА" (ФГБОУ ВО
"МГТУ ИМ. Г.И. НОСОВА") (RU)**

(72) Изобретатель:

**Песин Александр Моисеевич,
Харитонов Вениамин Александрович,
Дригун Эрнст Михайлович,
Пустовойтов Денис Олегович,
Локотунина Наталья Михайловна
(RU), Тандон Пунит (IN), Ю Хайлянг
(CN)**

(74) Представитель:

Пыхтунова С.В. (RU)

(57) Изобретение относится к обработке металлов давлением, в частности к обработке тел вращения поверхностным пластическим деформированием. Осуществляют обработку вращающейся цилиндрической детали индентором, который вращается вокруг своей оси и совершает высокоскоростные возвратно-поступательные удары. Ось вращения индентора смещена на величину Δx относительно оси обрабатываемой детали. Величина смещения определена из соотношения $\Delta x = (0,26-0,97) \cdot R$, где R - радиус обрабатываемой детали. В результате обеспечивается повышение механических свойств обрабатываемых деталей за счет создания в их металле градиентной наноструктуры и сокращается время обработки.

B1

039122

039122

B1

Изобретение относится к обработке металлов давлением, в частности к способам поверхностной обработки тел вращения.

Известен способ поверхностной обработки тел вращения поверхностной пластической деформацией, реализуемой деформирующим инструментом типа тела вращения, который при качении по обрабатываемой поверхности под воздействием необходимой силы деформирования формирует на обрабатываемой поверхности требуемые показатели качества (см. Упрочняющие технологии и покрытия/Отений Я.Н. и др. 2010, № 12. С. 3-6).

Недостатком данного способа является невозможность получения градиентной наноструктуры металла, высоких прочностных свойств и производительности.

Известен способ получения металлических втулок, при котором обработку наружной поверхности заготовки осуществляют путем возвратно-поступательного движения одного или более роликов, имеющих участок большего диаметра (см. патент РФ № 2340423 опубл. 10.12.2008 бюл. № 34).

Недостатком данного способа является сложность получения изделия и недостаточные сдвиговые деформации за один рабочий ход инструмента, которые необходимы для получения градиентной наноструктуры. Перемещение роликов вдоль обрабатываемой поверхности, благодаря контактному трению, вызывает появление поверхностных растягивающих напряжений и снижение тем самым пластических свойств детали. Способ имеет также низкую производительность.

Наиболее близким аналогом является способ отделочно-упрочняющей обработки цилиндрической детали поверхностным пластическим деформированием перемещающимся вдоль детали вращающимся вокруг своей оси индентором, центр которого смещен относительно оси обрабатываемой детали на величину Δx (см. Губанов В.Ф. Инновационная технология отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием/Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2011, № 4. С. 16-18).

Недостатком данного способа является невозможность получения градиентной наноструктуры металла, высоких прочностных свойств и производительности.

Задача, решаемая изобретением, заключается в повышении механических свойств обрабатываемых цилиндрических деталей и производительности обработки за счет создания в металле градиентной наноструктуры, благоприятного напряженного состояния и сокращения времени обработки.

Технический результат, обеспечивающий решение задачи, заключается в создании на поверхности обрабатываемого изделия высокоскоростной знакопеременной деформации, в результате чего возникает напряженное состояние всестороннего неравномерного сжатия и появляется сдвиговая деформация в поверхностном слое детали.

Поставленная задача решается тем, что в заявленном способе поверхностной пластической деформации тел вращения, включающем обработку вращающейся цилиндрической детали индентором, вращающимся вокруг своей оси, смещенной на величину Δx относительно оси обрабатываемой детали, согласно изобретению, индентор совершает высокоскоростные возвратно-поступательные удары, а величина эксцентриситета определяется из соотношения:

$$\Delta x = (0,26 - 0,97) \cdot R,$$

где R - радиус обрабатываемой детали.

В заявляемом способе указанный признак так же, как и в известном способе изготовления тел вращения поверхностной пластической деформацией путем обработки роликами (см. Упрочняющие технологии и покрытия/Отений Я.Н. и др. 2010, № 12. С. 3-6), предназначен для формирования микроструктуры и механических свойств в поверхностном слое детали.

В заявляемом способе указанный признак так же, как и в известном способе получения металлических втулок (см. патент РФ № 2340423 опубл. 10.12.2008 бюл. № 34), предназначен для формирования микроструктуры и механических свойств в поверхностном слое детали.

В заявляемом способе указанный признак так же, как и в известном способе поверхностного пластического деформирования (см. Губанов В.Ф. Инновационная технология отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием/Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2011, № 4. С. 16-18), предназначен для создания микроструктуры, получения механических свойств и повышения производительности процесса за счет уменьшения износа индентора.

Однако наравне с вышеуказанными известными техническими свойствами заявляемая совокупность отличительных признаков, указанная в формуле изобретения, обеспечивает синергетический эффект от одновременного действия следующих процессов: обработки вращающейся цилиндрической детали индентором, вращающимся вокруг своей оси, смещенной на величину Δx относительно оси обрабатываемой детали, и совершающим высокоскоростные возвратно-поступательные удары. Это создает новый технический результат, заключающийся в создании на поверхности обрабатываемого изделия высокоскоростной знакопеременной деформации, в результате чего возникает напряженное состояние всестороннего неравномерного сжатия и появляется сдвиговая деформация в поверхностном слое изделия. Это способствует созданию управляемого способа получения волн сжатия и сдвига при ударном нагру-

жении, что обеспечивает получение градиентной наноструктуры металла и тем самым высоких прочностных свойств, а также сокращает время обработки.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что заявляемый способ поверхностной обработки тел вращения не следует явным образом из известного уровня техники и, следовательно, соответствует условию патентоспособности "изобретательский уровень".

Сущность заявляемого способа поясняется чертежами.

На фиг. 1 изображена схема реализации способа поверхностной обработки тел вращения. На чертеже позициями обозначены: 1 - обрабатываемая деталь, 2 - индентор, n_1 и n_2 - частоты вращения детали и индентора, n_3 - частота возвратно-поступательного движения, S_0 - подача индентора, Δx - величина эксцентриситета.

На фиг. 2 изображена схема сил, действующая на деталь при ударном нагружении. На чертеже позициями обозначены: n - глубина обработанного слоя детали, R - радиус обрабатываемой детали.

Сущность предлагаемого способа поверхностной пластической деформации тел вращения состоит в следующем.

Круглая вращающаяся заготовка в холодном состоянии подвергается поверхностной пластической деформации вращающимся вокруг своей оси индентором. Индентор также совершает возвратно-поступательное движение вдоль поверхности обрабатываемой детали. При такой обработке в месте удара формируются сжимающие напряжения, обеспечивающие повышение деформируемости металла и снижение вероятности его разрушения, а также получение высоких пластических свойств обрабатываемого изделия. Высокоскоростная деформация обеспечивает высокую степень накопленной деформации и тем самым обеспечивает получение наноструктуры металла и значительное повышение прочностных свойств изделия. Причем самое мелкое зерно образуется на поверхности изделия, затем по мере затухания энергии удара размер зерна несколько укрупняется, входя в размерный ряд наноструктур, т.е. образуется градиентная структура, повышающая выносливость изделия. Вращение индентора, наряду с повышением его работоспособности, обеспечивает дополнительное измельчение структуры в поверхностном слое изделия за счет создания дополнительной деформации сдвига. Созданию сдвиговой деформации, измельчению зерна, а также увеличению глубины слоя наноструктуры способствует эксцентричное расположение оси индентора относительно оси вращения обрабатываемого изделия.

При значении $\Delta x = (0,26 - 0,97) \cdot R$ индентор создает волны сжатия и сдвига, что обеспечивает получение слоя глубиной n , состоящего из наноструктуры (фиг. 2). При значении $\Delta x = 0,97 \cdot R$ доля сдвиговой энергии будет в три раза больше, чем энергия сжатия, соответственно будет формироваться тонкий слой наноструктуры с очень малым размером зерна. При эксцентриситете $\Delta x > 0,97 \cdot R$ вся энергия удара направлена на сдвиговую деформацию, но реализовать такой процесс технически невозможно. При значении $\Delta x = 0,26 \cdot R$ доля энергии сжатия будет превышать долю энергии сдвига в 3,7 раза, т.е. толщина слоя наноструктуры при этом растет, но при этом растет размер зерна. При $\Delta x < 0,26 \cdot R$ вся энергия удара направлена преимущественно на создание волны сжатия и возникает одномерная деформация сжатия. Однако при этом в поверхностных слоях не создается достаточная сдвиговая деформация, необходимая для получения градиентной наноструктуры металла.

Из-за высоких скоростей деформации ($9 \times 10^5 \text{ с}^{-1}$ внутри полосы адиабатического сдвига и $9,4 \times 10^7 \text{ с}^{-1}$ вблизи поверхности) значительно сокращается время обработки (см. Ударные волны и явления высокоскоростной деформации металлов/Под редакцией Майерса М.А., Мурра П.Е.: Пер. с англ. М.: Металлургия. 1984 г. С. 39).

Энергия удара способствует также релаксации напряжений в поверхностном слое обрабатываемой детали, что также способствует повышению пластических свойств изделия.

Пример конкретного выполнения.

Цилиндрическую заготовку диаметром 20 мм из стали марки 45 установили на токарном станке, там же было установлено дополнительное устройство, обеспечивающее вращение и высокоскоростное возвратно-поступательное движение индентора. При этом величина подачи индентора составляла 0,08 мм/об., скорость продольного перемещения индентора 25,1 м/мин. Скорость деформации составляла 10^4 с^{-1} , длительность импульса 2 мкс. Исследовали пять вариантов, из которых вариант 1 проводился обкаткой индентором диаметром 2 мм, в остальных вариантах к индентору подводили высокочастотные возвратно-поступательные колебания. Размеры зерна полученных структур и значения механических свойств приведены в таблице.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в заявляемом способе поверхностной обработки тел вращения обеспечивается интенсивная пластическая деформация и напряженное состояние сжатия, что обеспечивает получение градиентной наноструктуры металла с высокими прочностными свойствами при незначительном снижении пластических свойств. При этом снижается время обработки детали. Соответственно заявляемое решение может быть применимо в процессах обработки металлов давлением, а следовательно соответствует условию "промышленная применимость".

Механические свойства и структура металла

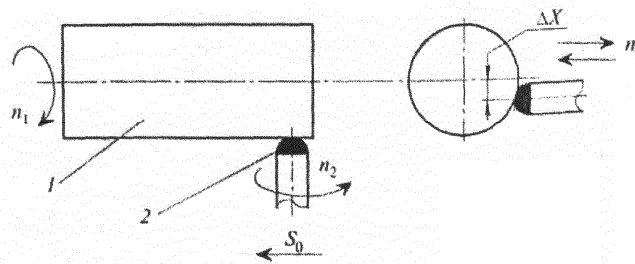
Но- мер вари- анта	Вели- чина эксцен- трици- тета, Δx , мм	Время обра- ботки, с	Времен- ное со- против- ление, σ_b , МПа	Относи- тельное удлине- ние, δ_{100} , %	Глубина обрабо- танного слоя, n , мм	Размер зерна, нм		
						на по- верх- ности обра- бат. слоя	в цен- тре об- раба- тывае- мого слоя	на глу- бине, n
1	5,0	300	230	10,0	0,80	1000	1450	2000
2	2,5	100	480	8,0	1,20	105	120	180
3	2,6	100	490	8,5	1,50	60	80	110
4	5,0	100	510	9,0	1,00	50	70	100
5	9,7	100	500	9,5	0,75	40	60	90
6	9,8	Сложность реализации такого процесса						

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

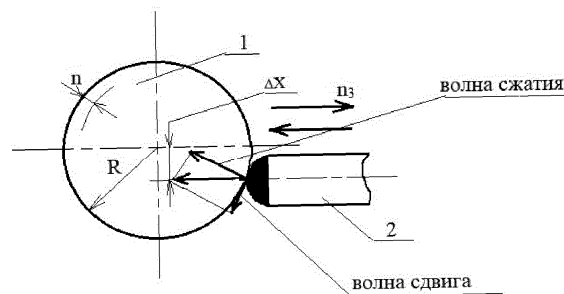
Способ поверхностной обработки тела вращения, выполненного в виде цилиндрической детали, включающий воздействие на вращающуюся цилиндрическую деталь индентором, вращающимся вокруг своей оси, смещенной на величину Δx относительно оси обрабатываемой цилиндрической детали, отличающийся тем, что обеспечивают совершение индентором высокоскоростных возвратно-поступательных ударов, а величину Δx смещения оси индентора относительно оси обрабатываемой цилиндрической детали определяют из соотношения:

$$\Delta x = (0,26 - 0,97) \cdot R,$$

где R - радиус обрабатываемой цилиндрической детали.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2