



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1122377 A

з (5D) В 21 В 1/00; В 21 С 1/00

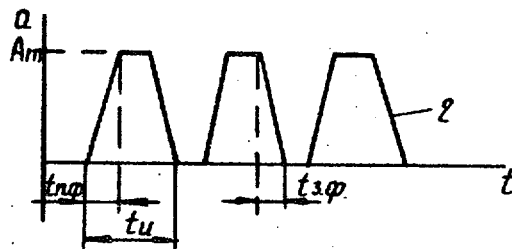
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3500109/22-02
- (22) 15.10.82
- (46) 07.11.84. Бюл. № 41
- (72) В.М. Колешко, А.В. Гулай,  
Л.А. Колешко и О.Г. Мужиченко
- (71) Белорусский политехнический ин-  
ститут
- (53) 621.771.1:621.778.1(088.8)
- (56) 1. Северденко В.П. и др. Прокат-  
ка и волочение с ультразвуком. Минск,  
"Наука и техника", 1970, с. 115-116.  
2. Там же, с. 215-217.
- 3. Авторское свидетельство СССР  
№ 627880, кл. В 21 С 1/00, 1976.

(54) (57) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОЙ ЛЕН-  
ТЫ И ПРОВОЛОКИ, включающий деформа-  
цию заготовки прокаткой или волоче-  
нием с наложением ультразвуковых  
колебаний в зоне деформации и поверх-  
ностных акустических волн, о т л и-  
ч а ю щ и й с я тем, что, с целью  
повышения качества получаемой ленты  
и проволоки и производительности про-  
цесса путем увеличения скорости пласт-  
тической деформации наложение ультра-  
звуковых колебаний в зоне деформа-  
ции и поверхностных акустических волн  
осуществляют импульсно с крутизной  
фронта волны в пределах  $3-1 \cdot 10^3$  м/с.



Фиг. 1

(19) SU (11) 1122377 A

Изобретение относится к ультразвуковой обработке материалов для электронной техники и может быть использовано для получения тонкой ленты и проволоки, например, для производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Известен способ получения ленты, включающий прокатку заготовки с наложением ультразвуковых колебаний в зоне деформации [1].

Известен также способ получения проволоки, включающий волочение заготовки с наложением ультразвуковых колебаний в зоне деформации [2].

Недостатком данных способов получения проволоки и ленты является низкое качество получаемых изделий вследствие недостаточно эффективного стимулирования синусоидальными ультразвуковыми колебаниями процесса пластической деформации материалов ленты и проволоки.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является способ получения проволоки, включающий деформацию заготовки волочением или прокаткой с наложением ультразвуковых колебаний в зоне деформации и поверхностных акустических волн [3].

Стимулирование процесса пластической деформации материала происходит путем активации задержанных дислокаций под действием акустических напряжений, а также за счет устранения препятствий при движении дислокаций. Однако недостаточно стимулируется образование новых дислокаций в материале ленты и проволоки вследствие малых скоростей изменения давления. Например, при частоте синусоидальных ультразвуковых колебаний  $f = 20-60$  кГц и амплитуде колебаний  $A = 1-5$  мкм скорость нарастания и снижения амплитуды механического смещения равна  $da/df \approx 4A$  и составляет величину  $\sim 1$  м/с. Это приводит к снижению скорости деформации материалов ленты и проволоки, производительности процесса прокатки и волочения, качества получаемых изделий, в частности их механической прочности, а также прочности микросварных и паяных соединений элементов интегральных микросхем, при изготовлении которых используют получаемую ленту и проволоку.

Целью изобретения является повышение качества получаемой ленты и проволоки и производительности процесса путем увеличения скорости пластической деформации.

Эта цель достигается тем, что согласно способу получения тонкой ленты и проволоки, включающему деформацию заготовки прокаткой или волочением с наложением ультразвуковых колебаний в зоне деформации и поверхностных акустических волн, наложение ультразвуковых колебаний в зоне деформации и поверхностных акустических волн осуществляют импульсно с крутизной фронта волны в пределах  $3-10^4 \cdot 10^3$  м/с.

Способ заключается в том, что стимулирование процесса прокатки и волочения производят путем ускорения пластической деформации материалов ленты и проволоки при резком изменении динамического давления в результате действия импульсных механических колебаний. При подаче в зону пластической деформации ультразвуковых колебаний в виде импульсов с большой крутизной фронта волны  $S = \frac{\Delta \sigma_m}{t_{cp}} = 3 \cdot 10^3$  м/с (фиг. 1) за счет резкого увеличения одновременно действующих источников дислокаций достигают развития множественного скольжения, происходящего практически одновременно по многим непараллельным плоскостям.

При разных величинах крутизны фронтов механических импульсов плотность возникающих дислокаций  $\rho = \sum l/V$  ( $\sum l$  — суммарная длина всех линий дислокаций в материале,  $V$  — объем материала) определяется разными механизмами пластической деформации.

Когда крутизна фронтов механических импульсов равна  $3-10$  м/с, рост плотности дислокаций обусловлен действием источников типа Франка-Рида, позволяющих получить плотность дислокаций  $\rho = 10^{10} - 10^{15} \text{ м}^{-2}$ . С увеличением крутизны фронтов механических импульсов до  $\sim 10^2 - 10^3$  м/с действуют механизмы, способствующие резкому увеличению числа источников дислокаций. Такими механизмами служат последовательное поперечное скольжение винтовой компоненты дислокаций на соседние плоскости скольжения, одновременное действие источников на непараллельных плоскостях сдвига, а также

источников малой длины; возбуждение по плоскостям скольжения касательных напряжений, близких к теоретической прочности кристаллов. Возможная плотность дислокаций при достижении касательными напряжениями величины теоретической прочности достигает значений  $\rho = 10^{15} - 10^{16} \text{ м}^{-2}$ , что ускоряет процесс пластической деформации материала изделия, приводит к повышению качества изделий и производительности процесса.

Пределы изменения крутизны фронтов механических импульсов выбраны, учитывая что при скорости изменения амплитуды импульсов (крутизна фронтов), меньшей 3 м/с, процессы пластической деформации материалов стимулируются сравнительно слабо, механическая прочность проволоки соизмерима с ее прочностью при синусоидальных колебаниях. Получение импульсов с крутизной фронтов, большей  $10^3 \text{ м/с}$ , начинает сказываться на переходных процессах в механической колебательной системе и технологической среде, что приводит к снижению эффективности воздействия ультразвуком и снижению качества полученного изделия.

Возможно ступенчатое увеличение и снижение амплитуды механических импульсов, что позволяет значительно увеличить крутизну фронта каждой ступеньки при одной и той же длительности фронта импульса и тем самым дополнительно стимулировать процесс пластической деформации материалов.

На фиг. 1-3 показано соответственное изменение амплитуды во времени в случае трапецеидальных, импульсных, треугольных импульсных и синусоидальных колебаний; на фиг. 4 - схема осуществления способа в случае прокатки; на фиг. 5 - то же, при волочении.

В процессе прокатки тонкой ленты 1 между вальками прокатного стана 2 в зоне деформации возбуждают импульсные колебания с крутизной фронта волны  $3-1 \cdot 10^3 \text{ м/с}$  с помощью электроакустических преобразователей 3 и концентраторов 4. Последние прижимают к валькам 2 с таким усилием, чтобы между ними существовала акустическая связь. Одновременно импульсно возбуждают по-верхностные акустические волны с той же крутизной фронта волны на ленте 1 за счет пондеромоторного взаимодей-

ствия вихревых токов, наводимых в ленте с помощью катушки 5 индуктивности, с магнитным полем данной катушки, подключенной к ультразвуковому генератору 6.

Аналогично в процессе волочения тонкой проволоки 7 через калиброванное отверстие волокна 8 импульсные акустические колебания с упомянутой крутизной фронта волны подводят к волоку и возбуждают их на поверхности проволоки аналогичным образом. Наложение колебаний с крутизной фронтов механических импульсов 3 м/с -  $1 \cdot 10^3 \text{ м/с}$  вызывает резкое увеличение одновременно действующих источников дислокаций и приводит к развитию множественного скольжения, происходящего практически одновременно по многим непараллельным плоскостям. В результате такого воздействия процесс пластической деформации ускоряется и повышается качество изделий и производительность процесса.

В качестве ультразвукового генератора 6 может быть использован не только генератор импульсов периодической последовательности, но и генератор импульсов случайности или псевдослучайной последовательности, что позволяет расширить диапазон частот возбуждаемых акустических колебаний и дополнительно стимулировать процесс пластической деформации материалов ленты и проволоки. Кроме того, импульсы могут быть различной длительности с хаотическими изменениями амплитуды. Генератор импульсов случайной последовательности обеспечивает получение импульсного напряжения без повторения, а генератор импульсов псевдослучайной последовательности - с повторением цикла чередования импульсов через значительное количество элементарных промежутков времени (характеристических моментов). В качестве такого генератора может быть использован, например, регистр с генератором тактовых импульсов на входе и полусумматором по модулю два в цепи обратной связи, обеспечивающим передачу сигнала на вход регистра только в тех случаях, когда на входы полусумматора импульсы подаются разновременно.

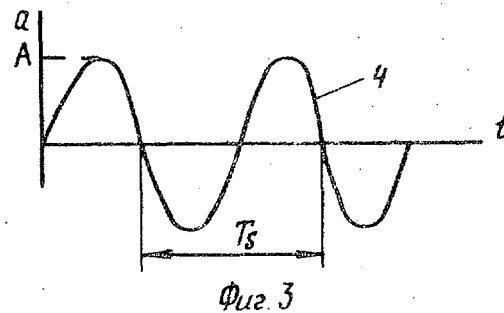
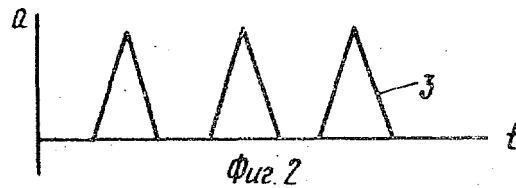
Пример. При получении тонкой биметаллической ленты золото-ковар с толщинами соответственно 5 и 500 мкм

в зоне деформации и на поверхности ленты возбуждали акустические колебания в виде импульсов с амплитудой 1 мкм, крутизной фронтов 3 м/с и частотой следования импульсов 200 кГц. В данном случае использовали генератор импульсов периодической последовательности с выходным напряжением до 100 В. При его использовании прочность механического сцепления лент увеличилась по сравнению с известным способом на 10-15%, разброс прочности сцепления лент по длине снизился в 1,5-1,9 раза. Увеличение крутизны фронтов импульсов до 8 м/с приводит к повышению прочности сцепления на 15-20% и снижению разброса прочности по длине в 2,0-2,6 раза. Снижение акустического и теплового сопротивлений между лентами приводит к уменьшению на 12-18% температуры полупроводникового кристалла во вре-

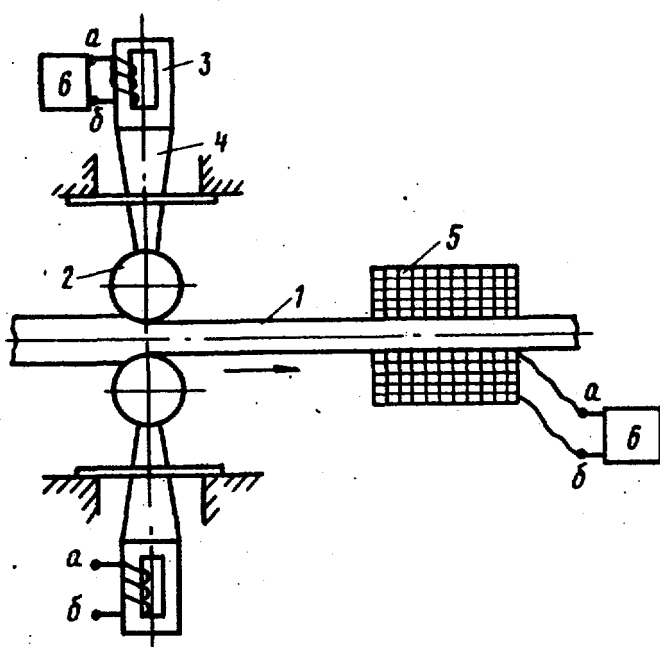
мя ультразвуковой пайки последнего к корпусу из данной ленты.

При возбуждении акустических колебаний с указанными параметрами (крутизной фронта волны 3 и 8 м/с) в процессе получения микропроволоки диаметром 35 мкм из алюминия механическая прочность последней на разрыв увеличилась соответственно на 24-30% и 40-50% и разброс прочности по длине проволоки снизился соответственно в 1,5-1,9 и 1,7-2,4 раза. В данном случае скорость волочения составляет 20 м/мин.

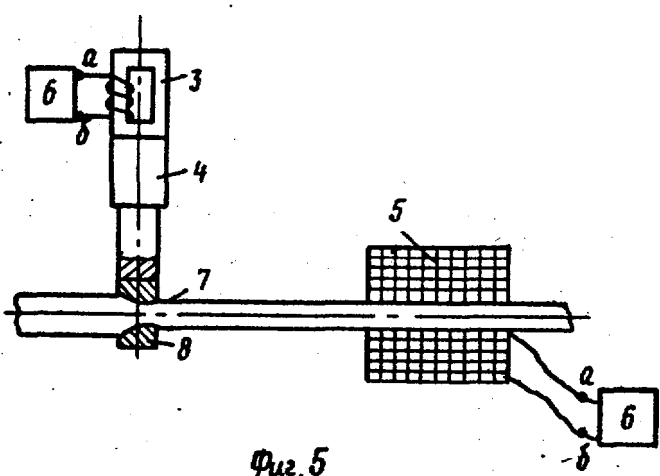
Производительность предлагаемого процесса получения тонкой ленты и проволоки может быть повышена на 8-10% за счет увеличения скорости протягивания и волочения (в частности, скорость волочения можно увеличить до 25 м/мин).



1122377



Фиг. 4



Фиг. 5

Составитель Е. Воронкова  
Редактор Л. Гратилло    Техред А. Бабинец    Корректор В. Синицкая

---

Заказ 8070/7    Тираж 794    Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

---

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4