

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ**

на правах рукописи

КУЗНЕЦОВ Евгений Викторович

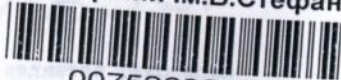
**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ
ВИБРАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

специальность 05.02.08 — «Технология машиностроения»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Днепропетровск
1996**



Дис

Робота виконана в Государственной металлургической академии
Украины Министерства образования Украины

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Морозенко Вадим Никифорович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Балакин Валерий Федорович
кандидат технических наук, доцент
Назарец Виктор Семенович

Ведущая организация: Днепропетровский завод "Авиаагрегат",
г. Днепропетровск

Защита состоится " 9 " октября 1996 г. в 12.00 часов на за-
седании специализированного Совета К 03.06.05 по защите дис-
сертаций при Государственной горной Академии Украины / 320027,
г. Днепропетровск - 27, проспект Карла Маркса, 19 /.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государст-
венной горной академии Украины.

Автореферат разослан " 23 " августа 1996 г.

Ученый секретарь специализированного Совета К 03.06.05
кандидат технических наук, профессор

В. С. Лосанов

Лосанов В.С.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современная металлообработка нацелена на повышение точности изделий при снижении их себестоимости. В связи с этим, в мире отмечается широкое использование более эффективных, чем резание, технологий ОМД. Особое значение они имеют при получении изделий для точного машино- и приборостроения. Одна из них - волочение. Отечественная практика ограничивается, в основном, его применением лишь в метизной промышленности. Однако опыт показывает, что его использование при обработке цилиндрических изделий позволяет получать нужное качество при меньших затратах. В то же время существует проблема изготовления точных изделий большой длины $l > 10d$ в связи с искривлением их геометрической оси. Комплексному решению этих двух задач применительно к получению изделий для точного машино- и приборостроения посвящена данная работа.

Целью диссертации является разработка и внедрение вибрационной технологии для получения прецизионных изделий машиностроения.

Идея работы заключается в приведении технологического воздействия в соответствие с деформационным поведением материала.

На защиту выносятся следующие основные научные положения и результаты.

Положения: 1. Обработка заготовок давлением может быть интенсифицирована путем согласования оказываемого периодического воздействия с деформационным поведением материала и достижения на этой основе резонанса пластического течения.

2. Резонансное технологическое воздействие в конечном итоге способствует уменьшению послеоперационного коробления изделий.

Результаты: 1. Из решения дифференциальных уравнений механики сплошной среды получены основные технологические параметры, позволяющие согласовать оказываемое периодическое воздействие с деформационным поведением материала заготовки и достичь на этой основе резонанс пластического течения.

2. Путем сравнительных экспериментальных исследований установлено, что резонансное виброволочение заготовок через вращающуюся фильеру позволяет получать цилиндрические прецизионные изделия машиностроения.

3. Разработаны конструкции устройств, реализующих предложенную технологию.

Научная новизна. 1. Теоретически обосновано наложение низкочастотных колебаний на заготовку при ее волочении. В конечном итоге это позволяет повысить геометрическую точность изделий.

2. На основе анализа реологической модели деформационного поведения металла предложена методика расчета основных технологических параметров вибродеформирования, имеющая целью

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

определение частотных границ, оптимальных при волочении и прессовании заготовок с различными физико-механическими свойствами.

Практическая ценность. Определены основные физико-механические параметры, влияющие на пластическое течение металлов. Это позволило реализовать такие технологические условия, при которых оказываемое внешнее периодическое воздействие согласуется с периодическим течением материала заготовки и входит с ним в резонанс. Следствием этого является снятие остаточных напряжений, что способствует уменьшению послеоперационного коробления, т.е. повышает точность изделий. Для усиления эффективности вибровоздействия, применительно к волочению было предложено совместить осевые колебания с вращением фильеры относительно заготовки при одновременном интенсивном охлаждении очага деформации. Предложенные технологические решения доведены до уровня конкретных устройств, нашедших применение на производстве.

Обоснованность и достоверность научных результатов подтверждается не противоречием основным положениям теории технологии механической обработки заготовок; использованием современных методов исследования и современной измерительной аппаратуры; использованием модельных представлений, отражающих физическую картину исследуемого процесса и обеспечивающих получение теоретических и экспериментальных результатов, согласующихся с теоретическими положениями; удовлетворительным согласованием результатов экспериментов с теоретическими данными /погрешность не превышает 20%/.

Реализация результатов работы в промышленности. Для производства направляющих перемещения печатающей каретки АЦПУ типа Дб 8.209.596 и Дб 8.209.598 на заводах УВМ /г. Орел/ и "Счетмаш" /г. Лубны/ разработана техническая документация на устройство для волочения профилей /чертеж Х 450.00.00.000/, защищенное патентом Российской Федерации. Опыт показал, что по сравнению с заводской технологией, основанной на резании, волочение существенно упрощает получение этих изделий. Кроме того было отмечено повышение их качества.

Для чистового волочения проволоки на Днепропетровском заводе "Красный Профинтерн" разработана документация на вращающийся волокодержатель с интенсивным водяным охлаждением /чертеж Х 121.00.00.000/. Получено полное устранение овальности проволоки. Отсутствовали задиры на ее поверхности. Это соответствует основным требованиям по точности для указанных изделий. Одновременно, из-за интенсивного охлаждения очага деформации в сочетании с вращением инструмента, отсутствовало окисление сухой технологической смазки.

Эффективность от применения предложенной технологии выражается в уменьшении на 24% расхода металла, сокращении на 80% машинного времени, снижении на 75% расхода энергии.



Апробация работы. Материалы диссертации доложены и обсуждены на научных семинарах кафедры технологии машиностроения ГМетАУ 1992, 1993, 1994, 1996 гг.; научно-технической конференции "Ресурсосбережение в машиностроении", Запорожье, 1992 г.; на научных семинарах кафедры обработки металлов давлением ГМетАУ 1992, 1995 гг.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в двух опубликованных работах, одной заявке на патент Украины и защищено патентом Российской Федерации.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и приложений и содержит 157 страниц машинописного текста, 9 таблиц, 20 рисунков, 102 формулы, а также библиографический список из 217 наименований.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние вопроса и задачи исследования.

Отечественная технология производства прецизионных изделий машиностроения основывается, большей частью, на резании. Однако Фурье-анализ связанных с технологическим воздействием погрешностей механической обработки показал, что существуют более эффективные методы их получения. Один из них - волочение. Установлено, что его применение в указанных целях требует учета описанного академиком А.Ф. Иоффе периодического характера пластического течения. Это позволяет построить механическую обработку так, чтобы в ее ходе оказывать комплексное влияние как на зависящие, так и на не зависящие от технологического воздействия погрешности.

О динамическом воздействии на пластическое течение металлов.

На основе теории пластических течений и с учетом периодичности процесса, его можно описать с помощью реологической модели, состоящей из последовательно соединенных элементов Гука, Кельвина - Фойгта и Сен-Венана. Анализ ее поведения под действием постоянной нагрузки показал, что система приходит в состояние автоколебаний. Из принципа соответствия таких моделей процессам, происходящим в реальных материалах следует, что квазипериодичность пластического течения определяется переменными напряжениями $\sigma = \sigma(t)$, которые можно определить из решения дифференциального уравнения

$$\ddot{\sigma} + \omega_0 \dot{\sigma} = f(\sigma; \dot{\sigma}) - \omega_0 \dot{\sigma} / 2\pi \quad //$$

где ω_0 - собственная частота сдвиговой деформации, s^{-1} . Под их действием в материале происходят периодические сдвиги. А.Ф. Иоффе показал, что их

частота строго постоянна в конкретных условиях. Она зависит от модуля сдвига и коэффициента внутреннего трения Q^{-1} и может быть определена из выражения

$$\nu = G/Q^{-1}, \text{ Гц} \quad /2/$$

Зная частоту сдвигов, можно, воздействуя на деформируемый объем периодической нагрузкой с той же или близкой частотой, ввести эту нагрузку в резонанс с деформационным поведением материала заготовки.

Внутреннее трение препятствует нарастанию амплитуды сдвиговой деформации. В системе устанавливаются колебания, оптимальные для нее. Это возможно, если частота нагружений находится в диапазоне, включающем собственную частоту пульсаций пластичности, т.е. когда имеет место принудительная синхронизация деформирующего воздействия и собственно пластического течения. Существование такого диапазона /полосы синхронизации/ объясняет сведения Ю.А. Боборыкина и В.Н. Шаповала об эффективности наложения вибрации на деформируемый объем в рамках узкого интервала частот. Коррелируя в своем развитии, вначале хаотичные, отдельные сдвиги формируют волну пластичности. Она имеет достаточный потенциал для прохождения неизбежных труднодеформируемых областей. Это способствует снижению остаточных напряжений в теле изделия и, как следствие, уменьшает его послеоперационное коробление. Следует ожидать, что указанный эффект будет иметь место и при вибровоздействии, околорезонансном в рамках полосы синхронизации. Такой случай наиболее вероятен при практической реализации предлагаемой технологии.

Исследование влияния низкочастотной вибрации на процесс волочения особо точных изделий.

Экспериментальное изучение влияния низкочастотной осевой вибрации на процесс точного волочения проводилось на основе расширения, по сравнению с известными литературными данными, номенклатуры исследуемых материалов. Осуществлялось однократное виброволочение прутков со скоростью 4 м/мин, степенью деформации до 15% и частотой наложенных колебаний до 60 Гц через фильеры с углом при деформирующем конусе 12° . Технологической смазкой служил сульфозфрезол. Тензостанцией ТА-4 фиксировалось усилие волочения. Полученные результаты показали, что в области частот, близких к определяемой из выражения /2/ частоте периодических элементарных сдвигов, по сравнению с процессом без вибрации, наблюдается снижение рабочего усилия /рис.1/. Это можно объяснить вхождением пластического течения в резонанс с приложенным воздействием. Меньшие степени снижения усилия волочения отмечаются на частотах, кратных пульсациям пластического течения, что объясняется наступлением кратных резонансов.

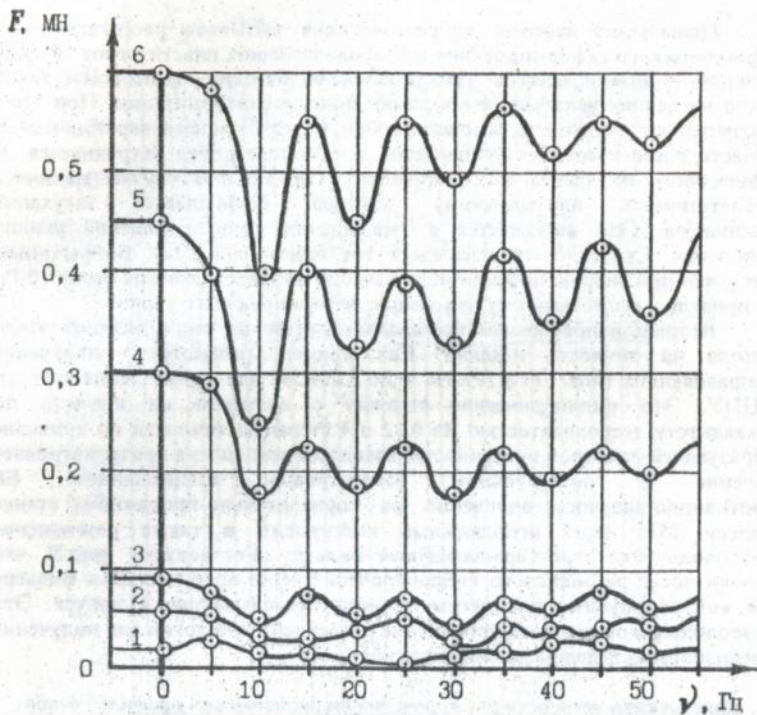


рис. 1. Изменение усилия деформирования при наложении периодической нагрузки

1. Алюминий АД-1;

2. Латунь Л 62;

3. Медь М 2 деформированная;

4. Сталь 08 кп;

5. Сталь 45 сырая;

6. Сталь X18H9T

Повышение частоты вибровоздействия вызывает рассогласование периодического деформирования и сопровождающих пластическое течение релаксационных процессов. Для резонансов, близких к первому, такое рассогласование укладывается в рамки полосы синхронизации. При этом сохраняется возможность самоподстройки. С углублением в резонансную область, рассогласование усиливается, а самоподстройка затрудняется. В зависимости от сдвига фаз, вибрация, в предельном случае, начинает препятствовать пластическому течению. Наблюдается затухание резонансов. Оно выражается в уменьшении степени падения усилия волочения. Сказанное подтверждает тот описанный Ю.А. Бобрыкиным факт, что при виброволочении меди частоты вибровоздействия более 10 Гц не привели к существенному изменению деформирующего усилия.

Вторым направлением исследований было изучение влияния этого метода на точность изделий. Как пример, рассмотрено получение направляющих типа Дб 8.209.596 и Дб 8.209.598 для перемещения каретки АЦПУ. Это цилиндрические стержни с допуском на диаметр по 7 качеству, шероховатостью Ra 0,32 и 4 степенью точности по кривизне образующей основной поверхности. Заводская технология предусматривает точение с последующим бесцентровым шлифованием. Ей противопоставлялось волочение на горизонтально-протяжном станке модели 7525 через неподвижный инструмент, а также резонансное виброволочение через вращающуюся фильеру. Установлено (рис.2), что только после резонансного виброволочения через вращающуюся фильеру все контролируемые параметры точности укладывались в допуск. Это позволило рекомендовать применение последней технологии для получения прецизионных изделий машиностроения.

Конструкции устройств для волочения цилиндрических профилей особо высокой точности

Точность метизных изделий предусматривает, в основном, круглость поперечного сечения и отсутствие задиров на их поверхности. Для получения высококачественной проволоки был разработан вращающийся волокодержатель с интенсивным водяным охлаждением (чертеж Х 121.00.00.000). Устройство (рис. 3) внедрено на Днепропетровском заводе "Красный Профинтерн". В корпусе 1, имеющем отверстия для подключения к водопроводу, в подшипниках 2 размещен приводной шпиндель 3, имеющий расточку для сборной волоки 4. На шпинделе выполнен винтообразный профиль с большой площадью поверхности витков. Привод осуществляется от мотор-редуктора (не показан) через зубчатую пару. Ее шестерня 5 посажена на хвостовик шпинделя, а ответная ей - на вал мотор-редуктора. Для улучшения охлаждения очага деформации, внутрь корпуса 1 по касательной к поверхности винтообразного профиля на шпинделе 3 подавалась проточная вода. Промышленная эксплуатация устройства показала полное снятие овальности поперечного сечения проволоки и

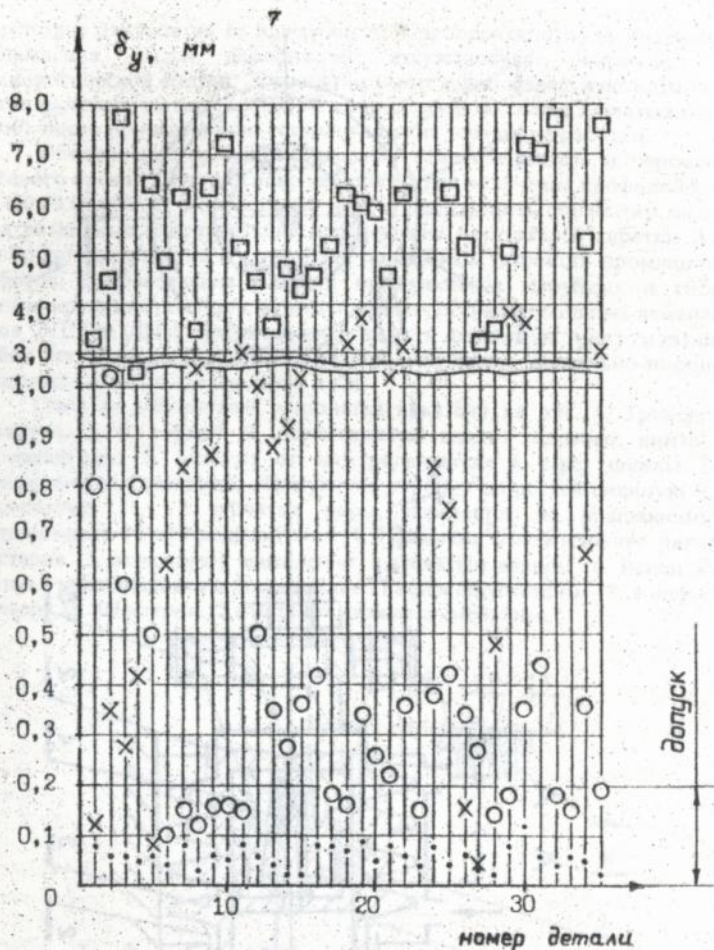


рис. 2. Изогнутость геометрической оси прутков после некоторых видов механической обработки

- x - точение с последующим бесцентровым шлифованием;
- - волочение через неподвижную фильеру;
- o - волочение через вращающуюся относительно заготовки фильеру;
- - резонансное виброволочение через вращающуюся фильеру.

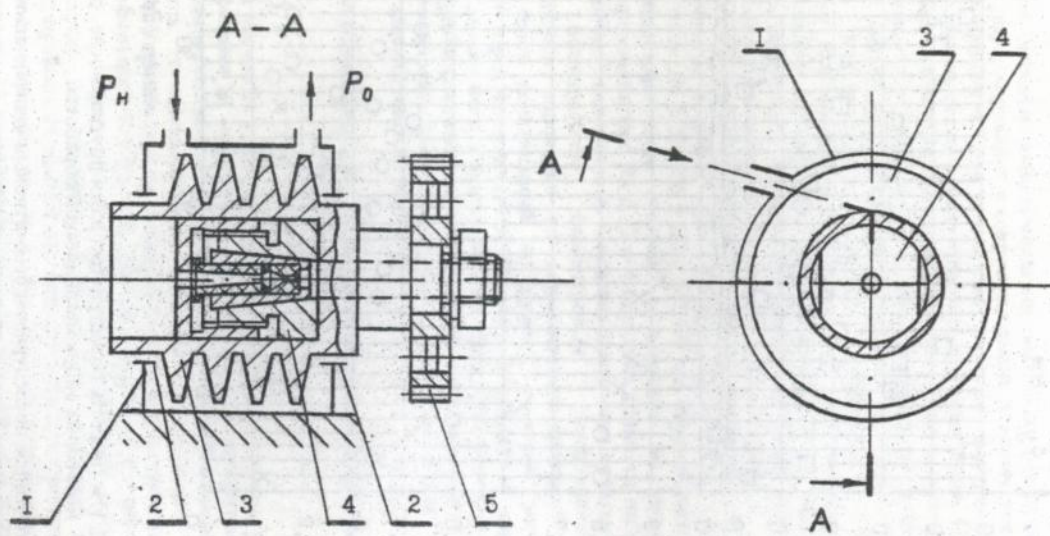


рис. 3. Вращающийся волокодержатель

отсутствие задигов на ее поверхности. Одновременно, из-за интенсивного охлаждения очага деформации, отсутствовало окисление сухой технологической смазки. Устройство имеет принципиальную возможность регулирования частоты вращения шпинделя путем смены зубчатых пар. Это необходимо при изменении технологических условий обработки.

Объединение приводов вращения волокодержателя и перемещения тягового органа легло в основу устройства для волочения профилей /чертеж Х 450.00.00.000/. С его помощью можно производить обработку заготовок под различные направляющие перемещения печатающей каретки АЦПУ, особо точных кареток и суппортов, подвижных устройств промышленных роботов, направляющие колонки прецизионных вырубных и гибочно-профилирующих штампов, валы высокоскоростных топливных авианасосов типа ЭЦН и ДЦН, прецизионные валы и шпиндели инструментальных бабок на опорах с газовой смазкой, плунжеры аксиально-поршневых гидромашин высокого давления и т.п.

Одно из исполнений устройства показано на рис. 4. Траверса 1 с захватом 2 и гайкой 3 перемещается вдоль ходового винта 4 в направляющих 5. Момент от электродвигателя 6 через шкивы 7 и 8 клиноременной передачи, образующие коробку скоростей сменную 9, 10 и постоянную 11, 12 зубчатые пары, передается на вращающийся в подшипниках 13 и 14 ходовой винт 4. На одном его хвостовике находится шестерня 15, входящая в зацепление с зубчатым венцом 16. Венец жестко связан с вращающимся в подшипнике 17 волокодержателем 18, содержащем фильеру 19. Шестерни 15 и 16 также являются сменными.

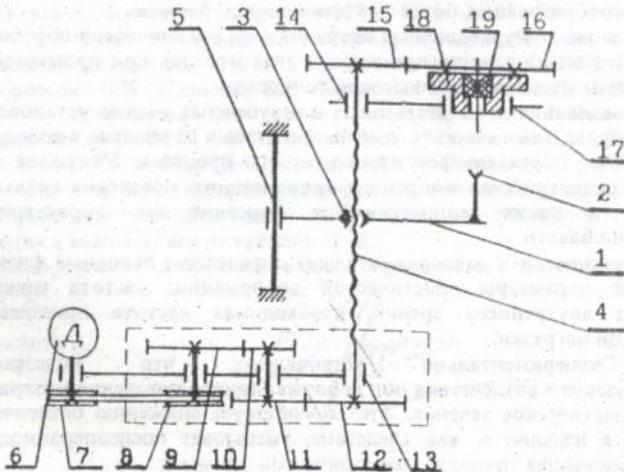


рис. 4. Устройство для волочения профилей

Таким образом, в устройстве имеются две связанные кинематические цепи - цепь главного движения и цепь вращения инструмента относительно заготовки. Жесткая кинематическая связь между двумя формообразующими движениями позволяет изменять технологические режимы обработки в зависимости от конкретных условий, т.е. оптимизировать их.

Эта схема может быть применена и при волочении проволоки через вращающийся волокодержатель /см. рис. 3/. Вращение его шпинделя заимствуется от главного двигателя волочильного стана.

Оснащение устройства вибровозбудителем позволяет совместить вращение фильеры с резонансным вибровоздействием на заготовку. Колебания можно сообщить, например, тяговому органу. Для этого годен вибровозбудитель любой конструкции. Главное требование, которому он должен удовлетворять - возможность создания колебаний нужного качества. Учитывая необходимость изменения технологических режимов при переходе с обработки одного материала на обработку другого, дополнительно необходимо, чтобы система имела возможность регулирования параметров создаваемых колебаний. Таким свойством обладает пневматический вибровозбудитель по а.с. СССР № 13289986, использовавшийся в настоящих исследованиях.

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. На основе изучения литературных источников установлено, что в настоящее время в практике металлообработки интенсивно развиваются методы формообразования, более эффективные, чем резание.

2. С помощью Фурье-анализа погрешностей механической обработки обоснована целесообразность применения этих методов при производстве цилиндрических изделий особо высокой точности.

3. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлена волновая природа пластического течения металлов и их сплавов в холодном состоянии. Она обуславливает периодичность процесса. Учитывая это, предложена реологическая модель деформационного поведения реальных материалов, а также математическое описание его характера в пластической области.

4. Теоретически и экспериментально определены основные физико-механические параметры пластической деформации: частота сдвигов, коэффициент внутреннего трения, необходимая частота приложения периодической нагрузки.

5. Экспериментально установлено, что подстройка формообразующего воздействия под деформационное поведение материала облегчает пластическое течение. Это способствует снижению остаточных напряжений в изделии и, как следствие, уменьшает послеоперационное коробление, повышая точность геометрической формы.

6. Основываясь на результатах теоретических и экспериментальных исследований, предложены конструкции устройств для волочения проволоки и прутков.

7. Рассмотрена практическая возможность наложения резонансного вибровоздействия на очаг деформации, в том числе и с регулированием частоты создаваемых колебаний.

8. С целью оказания комплексного влияния на точность изделий в радиальном и продольном направлениях, предложено совместить резонансное вибровоздействие с вращением фильеры относительно заготовки в плоскости, перпендикулярной оси волочения. Причем вращение инструмента может быть кинематически жестко связанным со скоростью перемещения тягового органа.

9. Результаты работы получили применение на заводах УМВ /г. Орел/ и "Счетмаш"/г. Лубны/ при производстве направляющих типа Дб 8.209.596 и Дб 8.209.598 перемещения печатающей каретки АЦПУ, а также на заводе "Красный Профинтерн" /г. Днепропетровск/ при производстве высококачественной проволоки.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

1. Морозенко В.Н., Кузнецов Е.В. О возможности динамического воздействия на пластическое деформирование материалов: Тезисы доклада на научно-технической конференции "Ре с урсобережение в машиностроении" 21-22 октября 1992 г. - Запорожье, 1992. - С. 31 - 33.

2. Морозенко В.Н., Кузнецов Е.В., Кузнецов В.Е. О возможности динамического воздействия на пластическое деформирование металлов. //Изв. вузов. Черная металлургия. - 1993. - № 5. - С. 23 - 26.

3. Способ пластического деформирования материала с наложением вибрации: Заявка № 93101131 на патент Украины, МКИ В 21 С 3/14 / Морозенко В.Н., Кузнецов Е.В. - Заявл. 02.02.93; Опубли. 25.03.94, Бюл. № 1.

4. Устройство для волочения профилей: Патент Российской Федерации № 2030237, МКИ В 21 С 3/14 / Морозенко В.Н., Кузнецов Е.В., Кузнецов В.Е. - № 5016931/02; Заявл. 15.07.91; Опубли. 10.03.95, Бюл. № 7.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве:
- разработана методика определения величины действующих напряжений течения в зависимости от времени /1,2/;

- в изобретениях авторский вклад определяется справками о долевом участии.

Соискатель



Кузнецов Е.В.

Аннотации

J.V. Kuznetcov: "Development and introduction of the vibration technology for obtaining precise machine-building articles".

Dissertation for the academic degree of Candidate of Science (Techn.) in technology of machine-building (code 05.02.08) : State Mining Academy of Ukraine, Dnipropetrovsk, 1996.

The new effective technology of treating materials to obtain precise machine-building articles is defended. It is based on the use of periodical power action that has a frequency resonant with deformation behaviour of metals and their alloys in cold condition. This decreases a postoperating departure from straightline of articles and raises preciseness of their geometrical form. The background of the dissertation comprises 2 research works and 2 patents.

С.В. Кузнецов: "Розробка та впровадження вібраційної технології для одержання прецизійних виробів машинобудування".

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук, спеціальність 05.02.08 : Технологія машинобудування; Державна Гірнична Академія України, Дніпропетровськ, 1996 р.

Захищається нова ефективна технологія обробки заготовок з метою одержання примусово циліндричних прецизійних виробів машинобудування. Вона заключається в наданні періодичної силової дії з частотою, резонансною по відношенню до деформаційної поведінки металів та їх сплавів в холодному стані. Це забезпечує зменшення післяопераційного короблення виробів та збільшення точності їх геометричної форми. Основний зміст дисертації викладено в двох друкованих роботах та захищено двома патентами.

Ключові слова: волочиння, дротики, точність, пульсуюча пластична течія, резонансне формоутворення.

АВТОРЕФЕРАТ

Відповідальний за випуск В. С. Лобанов

Підписано до друку 10.07.96. Формат 60x84/16. Папір друкарський. Офсетний друк. Умови друк.
арк. 0,69. Умови фарб.-відб. 0,69. Тираж 100. Замовлення N 577. Замовлене.
ЗАТ Видавництво «Поліграфіст», 320070, м. Дніпропетровськ, вул. Серова, 7.

438760

AB 35.482