

4488816

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена
Трудового Красного Знамени высшее техническое училище
имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

КРИВОШЕЕВ ВАЛЕРИЙ ВИКТОРОВИЧ
УДК 621.961.01

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА БЕЗОТХОДНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ НА
ЗАГОТОВКИ СЛИТКОВ, ПРУТКОВ И ТРУБ УНИВЕРСАЛЬНЫМ
КЛИНОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ С ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

Специальность 05.03.05 - Процессы и машины обработки
давлением

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Москва 1989

Работа выполнена на кафедре "Технологии конструкционных материалов" Воронежского технологического института и продолжена в НИОУ "ЭНИКМАШ".

Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор
Н.Т.Деордиев

Консультант - кандидат технических наук, доцент
И.С.Зиновьев

Официальные оппоненты: доктор технических наук
И.И.Казакевич
кандидат технических наук
В.В.Бережной

Ведущее предприятие: СКБ КМ

Защита состоится "29" 05 1989 г. в 14³⁰ час. на заседании специализированного Совета К 053.15.13 в Московском высшем техническом училище им.Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5. Ваш отзыв в 1-м экземпляре, заверенный печатью, просим выслать по указанному адресу.

библиотеке МВТУ им.Баумана

_____ 1989 г.

М/ 488816

И.Н.ЛУБИН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Ресурсосбережение превращается в один из решающих источников удовлетворения растущих потребностей народного хозяйства. К 2000 г потребность страны в топливе, энергии и материалах на 75–80% планируется покрывать за счет их сбережения.

Значительные ресурсы металла и энергии могут быть сэкономлены в заготовительном производстве. Например, на предприятиях с серийным и единичным типами производства в среднем 2–4% металла уходит в стружку на операции резки сортового проката на заготовки. Огромное количество тепла расходуется на подогрев прутков диаметром более 50–80 мм перед разрезкой на сортовых ножницах. В металлургии от 3 до 6% металла от выпуска годного в прессовом переделе уходит в стружку на операции резки слитков и полуфабрикатов на заготовки для прессования. При производстве коротких заготовок длиной менее 0,8–1 диаметра в отходы идет до 30% металла и т.д. В этой связи разработка и внедрение высокоэффективных технологий и оборудования для безотходной разрезки слитков, прутков и труб является одной из актуальных проблем современной металлообработки.

Цель работы. Разработка высокоэффективного технологического процесса безотходной резки слитков, прутков и труб универсальным клиновым инструментом с тангенциальной подачей.

Научная новизна. 1. Разработана и апробирована методика дифференцированного анализа общих и индивидуальных компонентов в структуре закономерностей исследуемого процесса. 2. Разработаны элементы теории процесса, в которой: установлены основные закономерности изменения кинематических, геометрических и энергосиловых характеристик процесса; получен и исследован жестко-пластический вариант решения задачи по определению момента отделения заготовки; определены поля средних контактных напряжений и скоростей скольжения, условия, необходимые для рационального протекания процесса и границы диапазонов оптимальных значений его параметров. Аппроксимирована взаимосвязь среднего контактного давления с пределом прочности разделяемых в холодную металлов.

Практическая ценность. 1. Разработан нетрадиционный технологический процесс безотходной разрезки на заготовки, включая короткие длиной до 0,3–0,4 диаметра, слитков, прутков и труб простым по конструкции универсальным инструментом. 2. Предложен новый тип быстропереналаживаемых машин для разрезки прутков и слит-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1488816

Кривошеин В. В. Разработка п

ков диаметром до 400 мм, производительность которых достаточна для удовлетворения потребности в заготовках предприятий с серийным и единичным типами производства, а материалоемкость и технологические усилия на порядок меньше, чем у сортовых ножиц. Разработка и внедрение этих машин в цветной металлургии на операции разрезки слитков на заготовки для прессования позволит устранить отходы в виде стружки в размере 3-6% от выпуска годного в прессовом пределе, что в масштабах современного производства только за счет сбережения металла даст значительный экономический эффект.

3. Разработаны: методика инженерного расчета основных технических характеристик машин; рекомендации по рациональной компоновке, конструкции, ряду гаммы и применению машин в народном хозяйстве, рациональному инструменту и смазке. 4. Разработано техническое предложение на первоочередной образец машин на основе а.с. СССР № 1188994, принятое к внедрению в цветной металлургии.

Достоверность. полученных результатов подтверждена результатами экспериментов, проведенных с использованием современных методов и средств.

В работе выносятся на защиту:

1. Разработанный процесс безотходного разделения на заготовки слитков, прутков и труб универсальным клиновым инструментом с тангенциальной подачей.

2. Полученный вариант решения нестационарной, неоднородной объемной задачи упруго-пластического деформирования разделяемого цилиндрического материала внедряющимися клиновыми инструментами.

Апробация результатов диссертационной работы проведена на: Всесоюзных конференциях "Технология и средства производства заготовок деталей машин" в г.Свердловске в 1983 г., "Новые технологические процессы прокатки" в г.Челябинске в 1984 г.; Всесоюзном симпозиуме "Вопросы теории пластичности в современной технологии" в МГУ им.М.В.Ломоносова в г.Москве в 1985 г.; научных семинарах кафедр АМ-10 в 1985 г. и АМ6 в 1987 г. МВТУ им.Н.Э.Баумана, НТС НИО Гипроцветметобработка в 1984 г.; экспертном совете НИО "ЭНИКМАШ" в 1985 и 1987 г.г.; Каменск-Уральском заводе ОЦМ в 1985 г.; городских и институтских научных семинарах и конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 статей и по-

лучено авторское свидетельство (а.с. СССР № 1188994) на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав с выводами, общих выводов и приложений.

Работа изложена на 143 машинописных страницах основного текста, 57 машинописных стр. приложений, 80 рисунках и 31 таблице.

Использовано 135 литературных источников.

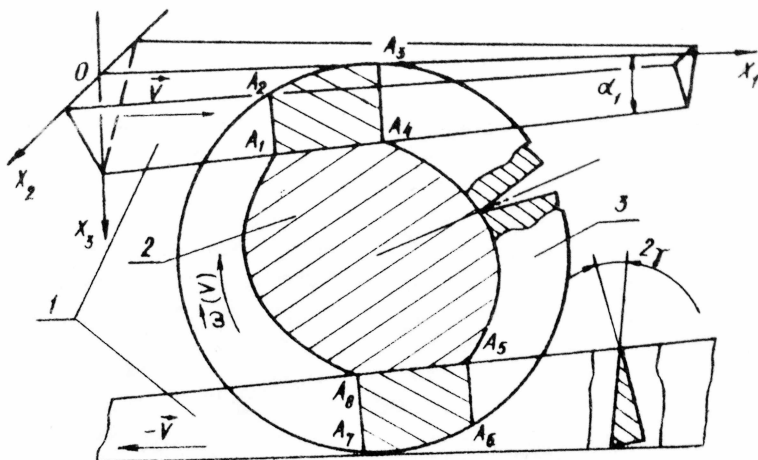


Рис.1. Принципиальная схема процесса (диаметральное сечение очагов деформации)

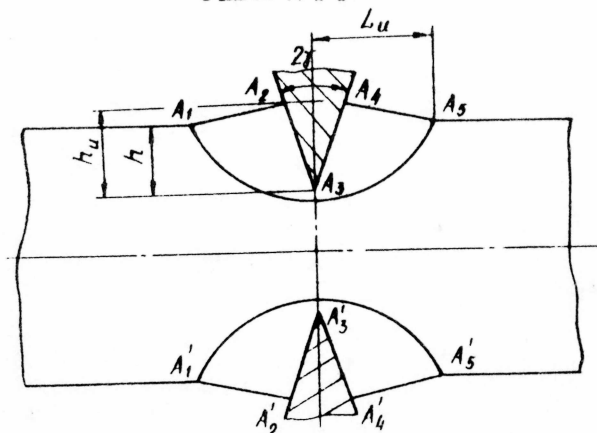


Рис.2.Осевое сечение очагов деформации

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе I охарактеризовано современное состояние актуальной проблемы экономичного и производительного разделения на заготовки слитков, прутков и труб. Приведены результаты анализа современных способов резки сортового металла, описанных в работах С.С.Соловьева, П.Е.Кислого, С.И.Веселовского, А.В.Аренкова, Р.Клейна, В.Ф.Коваленко, Б.А.Барышникова и др., на основании которого сделан вывод об актуальности разработки новых безотходных разделительных процессов и установлены основные требования, предъявляемые к этим процессам.

Предложен технологический процесс безотходного разделения цилиндрических материалов плоским клиновым инструментом с тангенциальной подачей (рис.1). Два ножа I, выполненные в виде пластин с клиновой заточкой, установлены центральносимметрично относительно оси разделяемой заготовки так, что ребро клиновой заточки наклонено на угол α по отношению к направлению их движения. При встречном тангенциальном движении режущие кромки ножей I внедряются в разделяемый материал 2, силами контактного трения приводят его во вращение, выдавливая концентратор напряжений 3 в виде клиновой спиральной канавки вплоть до отделения заготовки отрывом за один рабочий ход ножей.

При разделении сплошных материалов указанный процесс имеет следующие отличительные особенности: 1. Внедряющиеся инструменты создают в разделяемом материале три локальные, нестационарные, связанные, неоднородные волны упруго-пластических деформаций $A_1A_2A_3A_4A_5$, $A'_1A'_2A'_3A'_4A'_5$ и $A_1A_4A_5A_8$ (рис.1 и 2). 2. Внешние волны расположены центральносимметрично относительно оси заготовки и циклически обегают ее по периметру. Напряженно-деформированное состояние во внешних волнах характеризуется нестационарными, неоднородными объемными механическими схемами деформации всестороннего сжатия. 3. В неразделенной части сечения $A_1A_4A_5A_8$ заготовки локализована третья волна в виде вращающегося ядра упруго-пластических деформаций. Напряженно-деформированное состояние в этом ядре характеризуется нестационарной, неоднородной объемной механической схемой деформации, сочетающей осевое растяжение с двусторонним радиальным сжатием.

В целях определения метода исследования рассмотрены современные методы анализа процессов ОМД, большой вклад в развитие

которых внесли С.И.Губкин, Р.Хилл, А.А.Ильяхин, В.Л.Колмогоров, Г.А.Смирнов-Аляев, Е.А.Шопов, М.В.Сторожев, Е.П.Унксов, Э.Томсен, К.Н.Богоявленский, А.И.Целиков, Э.Зибель, В.Джонсон, Х.Кудо, А.Ф.Головин, П.И.Полухин, Д.Д.Ивлев, В.Н.Выдрин, Е.М.Макушок и др. Отмечено недостаточное внимание, уделяемое обширному классу нестационарных, неоднородных объемных процессов упруго-пластического деформирования твердых тел и актуальность разработки методов корректного анализа и оптимизации этих процессов.

Глава 2 состоит из двух частей. В первой разработана методика дифференцированного анализа общих и индивидуальных компонентов в структуре закономерностей исследуемого процесса, во второй — математическая модель и элементы теории процесса.

Анализ процесса проведен на основе использования возможностей корректного упрощения уравнений равновесия сил и моментов, действующих на поверхностях контакта деформируемого твердого тела и элементов его структуры с окружающей деформирующей средой.

$$\sum_{j=1}^n (F_{xi})_j + F_i = 0, \quad (1) \quad \sum_{j=1}^n (M_{xi})_j + M_i = 0, \quad (2)$$

где j — номер поверхности контакта,

x_i — ось системы координат,

$(F_{xi})_j, (M_{xi})_j$ — компоненты интегральных сил и моментов на j поверхности контакта,

F_i, M_i — компоненты сил и моментов инерции,

путем рационального сочетания:

1. Обобщенной теоремы о среднем для интегралов

$$\int_{S_K} (\bar{\chi}_i^0, \bar{\sigma}) dS = \bar{\sigma}_{nc} \int_{S_K} (\bar{\chi}_i^0 (\bar{n}^0 + f_n \Delta \bar{v}_{cn}^0)) dS, \quad (3)$$

где $\bar{\chi}_i^0$ — орты системы координат,

$\bar{\sigma}$ — напряжения на j поверхности контакта,

$\bar{n}^0$ — орт поля нормалей к j поверхности контакта,

f_n — коэфф. трения на j поверхности контакта,

$\Delta \bar{v}_{cn}^0$ — орт поля скоростей скольжения внешней среды по j поверхности контакта,

$\bar{\sigma}_{nc}$ — модуль среднего контактного давления на j поверхности

2. Условий квазистатичности

$$F_i \ll F_{xi}, \quad (4) \quad M_i \ll M_{xi}. \quad (5)$$

3. Определенных условий симметрии, налагаемых на исходную форму твердого тела до деформирования, форму расположение и движение инструментов, при которых средние контактные напряжения равны по модулю на контактных поверхностях всех инструментов.

$$|\overline{U_{nc}}|_j = |\overline{U_{nc}}|, \quad (6) \quad |\overline{\tau_c}|_j = |\overline{\tau_c}|. \quad (7)$$

4. Мультипликативной формы представления входящих в уравнение характеристик

$$L = \alpha \widehat{L}, \quad (8) \quad S = \alpha^2 \widehat{S}, \quad (9) \quad V = \alpha^3 \widehat{V}, \quad (10)$$

$$F = \alpha^2 p \widehat{F}, \quad (11) \quad M = \alpha^3 p \widehat{M}, \quad (12) \quad A = \alpha^3 p \widehat{A}, \quad (13),$$

где $L, S, V, F, M, A, \widehat{L}, \widehat{S}, \widehat{V}, \widehat{F}, \widehat{M}, \widehat{A}$ - длины, площади, объемы, силы, моменты, работы и их удельные безразмерные аналоги,

α - масштаб длины,

$p = \overline{U_{nc}}$ - масштаб давления (в общем переменный), вычисленный на основе обобщенной теоремы о среднем (3).

С учетом выражений (3) - (13) возможно сокращение равных на всех контактных поверхностях модулей среднего контактного давления и масштаба длины и выделение удельных безразмерных обобщенных ядер

$$\sum_{j=1}^N \delta_j (\widehat{F}_{xi})_j = 0, \quad (14) \quad \sum_{j=1}^N \delta_j (\widehat{M}_{xi})_j = 0, \quad (15)$$

$$\text{где } \delta_j = \begin{cases} 1 & \text{при } (\overline{U_{ncj}}, \overline{X_i^0}) \geq 0 \\ -1 & \text{при } (\overline{U_{ncj}}, \overline{X_i^0}) < 0, \end{cases} \quad (16)$$

корни которых определяют только общие закономерности процессов упруго-пластического деформирования твердых тел, инвариантные относительно размерных масштабных факторов.

При рассмотренном подходе функциональные зависимости от аргументов масштабов давления и длины, сокращаемых из уравнений равновесия при выделении обобщенных ядер, являются параметрами, определяющими индивидуальные отличия в абсолютной величине и режимах проявления общих закономерностей в конкретных случаях.

Выполнение условий (4) - (7) не представляет затруднений, поэтому общие закономерности могут быть воспроизведены и исполь-

зованы на практике. Ценными качествами реализации общих решений является близкая к минимуму величина контактных напряжений и равнонагруженность инструментов и взаимосвязанных с ними узлов и деталей машин.

Инвариантность обобщенных ядер (I4) – (I5) относительно размерных масштабных факторов значительно облегчает их решение по сравнению с исходными уравнениями равновесия.

После установления общих закономерностей возможна оптимизация их протекания по заданным целевым установкам, что обеспечивает возможность рациональной технической реализации анализируемых процессов.

Масштабами проявления общих закономерностей в соответствии с выражениями (8) – (I3) являются масштабы длины, и давления. В качестве масштаба длины целесообразно принять основной линейный размер, однозначно определяющий размеры вышеуказанной симметрии сечения заготовки до деформирования. В данной работе в качестве масштаба длины принят исходный радиус разделяемого прутка.

Масштаб давления в общем случае является переменным. Для измерения величины среднего контактного давления $\bar{\sigma}_{\text{нс}}$ необходимо предварительно измерить средний коэффициент контактного трения f_c . Инвариантность обобщенных ядер обеспечивает возможность измерения коэффициента f_c независимо от давления $\bar{\sigma}_{\text{нс}}$. Косвенное измерение коэффициента f_c производится по результатам измерений одной из характеристик и расчетов удельного безразмерного аналога этой характеристики, зависящей от корней обобщенных ядер и не зависящей от контактного давления. В предлагаемом процессе величина коэффициента f_c установлена по результатам расчета и измерений зависимостей угла ψ поворота разделяемого материала от аргументов путем решения уравнения.

$$\left\{ \psi_{\text{нс}}(\bar{h}) - \psi_{\text{теор}}(\bar{h}, f_c) \right\} \Big|_{\alpha_1, 2\delta, \bar{\alpha}} = 0. \quad (I7)$$

Сопоставление результатов расчетов и измерений зависимостей остальных линейнонезависимых характеристик от аргументов обеспечивает возможность установления степени достоверности результатов косвенных измерений коэффициента f_c и принятой модели по этим характеристикам. В исследованном процессе достоверность определения указанных характеристик установлена по результатам расчета и измерений зависимостей площадей контакта $S_{\text{н}}$ и неразделенной части сечения $S_{\text{н}}$ от аргументов

$$\left\{ S_{\kappa_{\text{жс}}}(\hat{h}) - S_{\kappa_{\text{теор}}}(\hat{h}, f_c) \right\} \Big|_{\alpha, 2\delta, \hat{\alpha}} = 0, \quad \left\{ S_{\eta_{\text{жс}}}(\hat{h}) - S_{\eta_{\text{теор}}}(\hat{h}, f_c) \right\} \Big|_{\alpha, 2\delta, \hat{\alpha}} = 0. \quad (18)$$

После измерения коэффициента f_c сопоставление результатов расчетов и измерений зависимостей одной из энергосиловых характеристик и ее удельного безразмерного аналога от аргументов обеспечивает в соответствии с формулами (II) – (I3) возможность косвенного измерения величины среднего контактного давления $\bar{\sigma}_{\text{nc}}$. В предлагаемом процессе давление $\bar{\sigma}_{\text{nc}}$ определено путем решения уравнения

$$\left\{ F_{\chi_{\text{жс}}}(\hat{h}) - F_{\chi_{\text{теор}}}(\hat{h}, f_c, \bar{\sigma}_{\text{nc}}) \right\} \Big|_{\alpha, 2\delta, \hat{\alpha}} = 0 \quad (19)$$

Сопоставление результатов расчетов и измерений зависимостей остальных линейнонезависимых энергосиловых характеристик от аргументов обеспечивает возможность установления степени достоверности определения общих закономерностей анализируемого процесса в целом. В разработанном процессе достоверность определения указанных характеристик установлена по результатам расчета и измерений зависимостей активной силы F_{χ_1} и полезной работы от аргументов

$$\left\{ F_{\chi_1_{\text{жс}}}(\hat{h}) - F_{\chi_1_{\text{теор}}}(\hat{h}, f_c, \bar{\sigma}_{\text{nc}}) \right\} \Big|_{\alpha, 2\delta, \hat{\alpha}} = 0, \quad (20)$$

$$\left\{ A_{\text{жс}}(\hat{h}) - A_{\text{теор}}(\hat{h}, f_c, \bar{\sigma}_{\text{nc}}) \right\} \Big|_{\alpha, 2\delta, \hat{\alpha}} = 0. \quad (21)$$

Подтверждение достоверности результатов теоретического определения общих закономерностей свидетельствует и о достоверности определения частных закономерностей, выделяемых из результатов экспериментов. Такой подход обеспечивает возможность оптимизации частных закономерностей и корректной постановки задачи по установлению общих закономерностей взаимосвязи частных закономерностей с характеристиками деформируемого материала, инструмента и условиями деформации.

На основе изложенной методики разработаны элементы теории, в которой определены обобщенная и традиционная модели процесса, его основные аргументы, рациональные системы координат, фазы, зависимости от аргументов кинематических характеристик процесса,

включая поля скоростей контактного скольжения, геометрических искажений формы торцов заготовок, формы и величины площадей контакта и неразделенной части сечения, сил, моментов, энергозатрат, КПД устройств, критических глубин внедрения и поправок на профилирование режущих кромок инструментов по плавкой кривой. Составлены уравнения равновесия и получен жестко-пластический вариант решения задачи по определению момента отделения заготовки. Разработаны алгоритм и программа расчета характеристик традиционной и обобщенной моделей процесса. Исследовано решение первоочередной задачи по разработке процесса. Установлен основной фактор оптимизации процесса - угол α_1 , и границы диапазона его оптимальных значений.

$$0,5 \div 1^\circ \leq \alpha_{1, \text{opt}} \leq 3 \div 4^\circ \quad (22)$$

В главе 3 поставлена цель и разработан план эксперимента, описана созданная экспериментальная установка, определены методы измерений и методы оценки погрешностей результатов измерений.

В сериях I-4 опытов подтверждены достоверность разработанной теории процесса и эффективность разработанного метода. Установлено, что: 1. При разделении в холодную сплавов АК6, В95, стали 3 и меди М1 при $1^\circ \leq \alpha_1 \leq 3^\circ$, $20^\circ \leq 2\gamma \leq 30^\circ$ со смазкой СОЖ-32К ТУ 38-10188-75 средние контактное давление и коэффициент трения близки к константе

$$\overline{\sigma}_{nc} = 2,03 \overline{\sigma}_g \pm 20\%; \quad f_c = 0,2 \pm 15\%, \quad (23)$$

где $\overline{\sigma}_g$ - предел прочности разделяемого материала. 2. Отклонение расчетных зависимостей от математических ожиданий опытных зависимостей составляют: $+(5+10)\%$ в процессе и $+(10+15)\%$ на заготовках по коэффициентам радиального и осевого искажений торцов заготовок, $\pm 2+6\%$ по углу поворота разделяемого материала; $\pm 5+14\%$ по площади контакта; $\pm 4+10\%$ по площади неразделенной части сечения; $-(20+60)\%$ при $0,1 \leq \widehat{h} \leq 0,25$ и $-(10+35)\%$ при $\widehat{h} > 0,25$ по полезной работе и активному усилию F_{x1} ; до -20% при $0,1 \leq \widehat{h} \leq 0,25$ и $\pm 3+10\%$ при $\widehat{h} > 0,25$ по распорной силе F_{x3} ; $-24+18\%$ по положению максимумов сил на оси $\widehat{h}$; $\pm 5+15\%$ по величине максимума силы F_{x3} ; $+5+30\%$ по величине максимума силы F_{x1} ; $-1+32\%$ по положению момента разделения на оси $\widehat{h}$. Возрастание погрешностей при малых значениях аргумента $\widehat{h}$ вызвано снижением точности измерений на начальных участках диапазонов измерений. Большая

погрешность расчета силы F_{χ} - потерями на трение в узлах опытного станка.

В пятой серии опытов подтверждена возможность применения разработанной теории для анализа и оптимизации процесса разделения труб с $t_r \geq 0,15 \varnothing$.

В шестой серии опытов: 1. Установлена возможность разделения труб с $t_r \geq (0,08+0,1) \varnothing$. 2. Уточнены оптимальные режимы разделения прутков, слитков и труб из ряда металлов - сталей 3, 10, 20, 30, 12Х18Н10Т, 12Х1МФ, меди М1, бронз, сплавов АК4, АК6, В95, Д16Т, ниобия и т.д. 3. Установлена возможность качественно-го отделения в холодную заготовок длиной от $0,3+0,4$ диаметра и выше из сплошных материалов с $\delta_s \geq 12\%$ и от одной толщины стенки и выше из труб с $t_r \geq 0,1 \varnothing$ из материалов с $\delta_s \geq 20+30\%$. 4. Установлено, что вносимая процессом погрешность весового и объемного дозирования заготовок с $L_s = \varnothing$, отделенных на оптимальных режимах, составляет около $\pm 0,2\%$.

На основании совокупности вышеуказанных результатов установлено, что: 1. Достоинствами разработанного процесса являются: безотходность; универсальность, простота и низкая стоимость инструмента; простота конструкции, кинематики и переналадки машин; простота автоматизации; высокая производительность, экономичность и точность весового и объемного дозирования заготовок; возможность получения коротких заготовок; пригодность получаемых заготовок для переработки в процессах ОМД, обработки резанием и под сварку. 2. Недостатками являются: наличие специфических искажений на торцах заготовок; тяжелые условия работы инструмента; невозможность резки под углом к оси. 3. Назначением процесса является получение цилиндрических заготовок для последующих процессов ОМД, сварки и обработки резанием. 4. Области наиболее рационального применения разработанного процесса является цветная металлургия, авиационная промышленность, черная металлургия и отрасли машиностроения.

В седьмой серии опытов подтверждена возможность переработки получаемых заготовок в процессах объемной штамповки и пресования.

В приложениях разработаны: 1. Алгоритм расчета характеристик обобщенной модели процесса на ЭЦМ. 2. Рекомендации по оптимальным режимам процесса, инструменту, смазке, рациональной конструкции и размерному ряду гаммы предлагаемых машин. 3. Методика

инженерного расчета основных технологических параметров процесса. 4. Оценка порядка ожидаемого экономического эффекта. 5. Техническое предложение на указанный выше опытно-промышленный образец машины. 6. Жестко-пластический анализ процесса.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработан нетрадиционный технологический процесс безотходной отрезки заготовок простым по конструкции универсальным клиновым инструментом с тангенциальной подачей.

2. Теоретически обоснована возможность и целесообразность создания гаммы гибких быстроперенастраиваемых разделительных машин нового типа для отрезки заготовок диаметром до 400 мм по разработанной технологии, производительность которых достаточна для удовлетворения потребности в заготовках предприятий с серийным и единичным типами производства, а материалоемкость и технологические усилия на порядок меньше, чем у сортовых ножниц.

3. Разработана и апробирована методика дифференцированного анализа общих и индивидуальных компонентов в структуре закономерностей исследуемого процесса.

4. Разработаны элементы теории процесса в которой: исследуемый процесс классифицирован как нестационарный, неоднородный объемный процесс упруго-пластического деформирования твердого тела; установлены основные закономерности изменения кинематических, геометрических и энергосиловых характеристик процесса, фазы процесса и механические схемы деформации в очагах упруго-пластических деформаций, получен и исследован жестко-пластический вариант решения задачи по определению момента отделения заготовки; определены поля средних контактных напряжений и скоростей скольжения, величина и положение максимумов технологических усилий, условия, необходимые для рационального протекания процесса, границы диапазонов оптимальных значений его параметров.

5. В соответствии с результатами теории спланирован и проведен эксперимент в котором: подтверждена достоверность результатов теоретического анализа и оптимизации процесса; установлена величина средних контактных напряжений на инструменте; аппроксимирована взаимосвязь среднего контактного давления с пределом прочности разделяемых в холодную металлов; уточнены оптимальные режимы разделения ряда материалов; подтверждена возможность по-

лучения заготовок диаметром 20–50 мм из сплошных профилей длиной свыше 0,3–0,4 диаметра, из труб толщиной более 0,1 диаметра – длиной более толщины стенки и переработки получаемых заготовок в процессах прессования и объемной штамповки; установлены достоинства и недостатки, назначение и области рационального применения процесса.

6. Разработаны рекомендации по рациональному применению процесса, в которых:

6.1. Разработана методика инженерного расчета основных технических показателей предлагаемых машин. Установлены основные особенности рациональной конструкции этих машин и рациональный размерный ряд гаммы в диапазоне диаметров от 25 до 400 мм.

6.2. Установлено, что внедрение указанных машин в цветной металлургии и авиационной промышленности позволит при производстве прутков, профилей и труб сэкономить от перемалывания в стружку около 3–6% металла от выпуска годного, что в масштабах отечественного производства обеспечит только за счет сбережения металла получение значительного экономического эффекта.

6.3. На основе результатов работы создается новый тип безотходного разделительного оборудования. Разработчиком оборудования является НПО "ЭНИКМАШ".

Ожидаемый экономический эффект от первоочередного типоразмера оборудования составляет 300–350 тыс. руб. в год только за счет снижения нормы расхода металла.

7. Разработанный разделительный процесс и реализующие его машины целесообразно применять в цветной и черной металлургии, авиационной промышленности и отраслях машиностроения для безотходного разделения слитков, прутков и труб на заготовки для процессов обработки металлов давлением и под сварку.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. К вопросу оптимизации формы плоского клинового инструмента и определения искажений торцов заготовок / Н.Т.Двордзев, В.В.Лапин, В.Ф.Коваленко, В.В.Кривошеев, А.А.Наумов // Технологии и оборудование для резки сортового проката. – Воронеж : ЭНИКМАШ, 1982. – С.73–84.

2. Кривошеев В.В., Барышников Б.А. Расчет критической глубины внедрения клинового плоского ножа при разделении труб // Совершенствование процессов и оборудования для холодного деформирования. – Воронеж: ЭНИКМАШ, 1978, С.34–38.

3. Расчет высоты наплыва материала на торцах заготовок при разделении труб клиновыми дисковыми ножами / В.В.Кривошеев, Б.А.Барышников, И.А.Чечета, В.Ф.Коваленко // Совершенствование процессов и оборудования для холодного деформирования.- Воронеж: ЭНИКМАШ, 1978.- С.47-52.

4. Лапин В.В., Кривошеев В.В., Барышников Б.А. К определению площади контакта клинового дискового ножа с разделяемой трубой// Совершенствование процессов и оборудования для холодного деформирования.- Воронеж: ЭНИКМАШ, 1978.- С.38-47.

5. Классификация способов резки труб на штучные заготовки / Б.А.Барышников, В.В.Лапин, В.В.Кривошеев, В.Б.Чижик-Полейко // Технологии и оборудование для резки сортового проката.- Воронеж: ЭНИКМАШ, 1982.- С.54-59.

6. Устройства для безотходного разделения труб клиновыми дисковыми ножами / Б.А.Барышников, В.Т.Суханов, А.А.Титов, В.В.Кривошеев // Технологии и оборудование для резки сортового проката.- Воронеж: ЭНИКМАШ, 1982.- С.46-54.

7. Прогрессивные методы разделения труб на заготовки / В.Ф.Коваленко, Н.Т.Деордиев, Ю.П.Лутовинов, В.В.Кривошеев / Воронеж.технол.ин-т.- Воронеж, 1983.- 8с.- Доп. в НИИМАШ 24.II. 1982, № 257 мш-Д82.

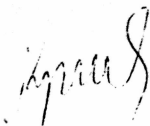
8. Деордиев Н.Т., Кривошеев В.В. Исследование силовых характеристик процесса безотходного отделения заготовок из прутков и труб плоским клиновым инструментом // Технологии и средства производства заготовок деталей машин / Тез.докл.Всесоюз.конф. - Свердловск, 1983.- С.32.

9. Деордиев Н.Т., Кривошеев В.В., Наумов А.А., К вопросу безотходного получения заготовок для осевого прессования / Воронеж. технол.ин-т.- Воронеж, 1983.- 8с.- Доп. в НИИМАШ 07.02.1983, № 30 мш-Д83.

10. Проведение поисковых работ для обеспечения научно-технического задания по дальнейшему совершенствованию технологии и оборудования для обработки материалов давлением. Изучение общих и частных компонентов механических свойств сплавов, обрабатываемых давлением. Отчет о НИР (промежуточ.) / НПО ЭНИКМАШ; Руководитель Б.С.Перевозчиков.- I2-87/II этап 2а; № IP 0187,0026395;

Инв. № 02870089017. - Воронеж, 1987.- 78 с. Руководитель этапа
2а В.В.Кривошеев.

II. А.с.№ 1188994 СССР, МКИ³ В23 21/00. Инструмент для раз-
деления цилиндрических профилей/ Н.Т.Деордиев, В.Ф.Коваленко,
В.В.Кривошеев, Б.И.Хубадзе (СССР).



ЛЕ 09148. Подписано в печать 23.03.1989 г. Тираж 100 экз.

Объем I а.л. Заказ 99

Отпечатано на ротапринте НПО "ЭНИКМАШ", Воронеж, 1989