

БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

УДК 621 771 63

КАРПИЦКИЙ Юрий Викторович

**РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ И ПОЛУФАБРИКАТОВ
ПРОДОЛЬНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОКАТКОЙ**

05 16 05 – Обработка металлов давлением

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Минск 2000

Работа выполнена в Белорусской государственной политехнической академии

Научный руководитель – академик НАНБ, доктор технических наук, профессор, лауреат государственной премии БССР
СТЕПАНЕНКО А В

Официальные оппоненты: академик НАНБ, доктор технических наук, профессор **КЛУБОВИЧ В В**,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
АЛИФАНОВ А В

Оппонирующая организация – Минский автомобильный завод

Защита состоится «_____» _____ 2000 года в _____ часов на заседании Совета по защите диссертаций Д02 05 06 в Белорусской государственной политехнической академии по адресу 220027, г Минск, пр Ф Скорины, 65, корп 1, ауд 202, тел 232-24-04

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусской государственной политехнической академии

Автореферат разослан «_____» _____ 2000 г

Ученый секретарь совета по защите диссертаций Д02 05 06,
кандидат технических наук, доцент



Б М Немененок

© Карпицкий Ю В , 2000

A2000
2322

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Разработка и широкое практическое внедрение в машиностроении прогрессивных малоотходных технологий, обеспечивающих снижение материалоемкости, энергозатрат, повышение качества выпускаемой продукции и производительности оборудования является важнейшей народно-хозяйственной задачей. Реализуется она за счет сокращения потребления традиционных сортов металлов путем использования экономичных фасонных профилей, а также внедрение непосредственно на машиностроительных предприятиях деталей прокатного производства.

Широкими возможностями в этом отношении обладает периодическая прокатка, позволяющая максимально приблизить размеры и форму заготовки к размерам и форме готового изделия, обеспечивая при этом снижение расхода металла на 15-40% и повышение производительности процесса в 1,5-2 раза.

Периодические профили широко используются в качестве рабочих элементов рессорных подвесок автомобилей, автопоездов и другой техники. От точности изготовления профильных рабочих элементов в большей степени зависит не только срок службы рессорной подвески в целом, но также устойчивость и управляемость машины. Кроме того, для снижения интенсивности роста зерна в структуре рессорных сталей аустенитного класса, работающих при знакопеременной циклической нагрузке, желательно прокатку производить в узком температурном интервале и при более низкой температуре прокатки.

Анализ известных способов прокатки периодических профилей показывает, что одним из наиболее существенных недостатков является большие давления металла на валки в очаге деформации, что не обеспечивает заданной точности формы и размеров изделий, ограничивает величину вытяжки за проход (обычно не превышает 1,3-1,4) и в конечном итоге приводит к снижению производительности оборудования и повышению себестоимости выпускаемой продукции.

В связи с тем, что спрос на указанную продукцию возрастает, в том числе и в нашей Республике, где быстрыми темпами развивается автомобильная промышленность, поиск новых более эффективных технических решений указанной проблемы является весьма актуальной задачей.

Связь работы с крупными научными программами и темами.

Часть исследований приведенных в диссертации, выполнялась в соответствии с планом фундаментальных исследований НАН Беларуси "Материал 26" "Создание теоретических основ комбинированных методов обработки для получения высокой усталостной прочности материала", утвержденной Постановлением Президиума НАН Беларуси №86 от 23.11.95 г и Республиканскими внутривузовскими госбюджетными те-

530

мами 131 95 Р/76П "Разработать способ и технологию формоизменения упругих элементов подвески транспортных средств, обеспечивающих регулирование их усталостной прочности в широких пределах" и ГБ 322/2 05 "Разработка и научное обоснование технологии формообразования полосовых заготовок переменной толщины"

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка и внедрение научно обоснованного эффективного способа, технологии и оборудования продольной прокатки полосовых заготовок переменной по длине толщины, обеспечивающего снижение давления металла на валки и повышение качества изделий.

В соответствии с целью работы необходимо было решить следующие задачи

- 1 Разработать способ продольной прокатки полос с критическим рассогласованием окружных скоростей валков
- 2 Определить кинематические и энергосиловые параметры процесса несимметричной прокатки
- 3 Исследовать влияние основных параметров процесса несимметричной прокатки на кинематические и силовые характеристики
- 4 Установить основные технологические параметры процесса несимметричной прокатки полос переменной толщины
- 5 Разработать технологический процесс изготовления полос переменной толщины предложенным способом и провести его промышленное апробирование

Объект и предмет исследования. В качестве объекта исследования использовали технически чистый свинец для моделирования процесса горячей прокатки рессорной стали и алюминий марки АОО как упрочняющийся материал при холодном деформировании

Предметом является комплекс научных исследований, в результате которых разработана и апробирована в промышленных условиях технология изготовления полосовых заготовок с переменной по длине толщиной продольной прокаткой с критическим рассогласованием скоростей движения деформирующего инструмента

Методология и методы проведенного исследования. Методология исследования заключается в том, что процесс формоизменения полосовых заготовок рассматривали во взаимосвязи теоретического и экспериментального анализа схемы продольной прокатки с критическим рассогласованием окружных скоростей валков, с двухзонным (опережения и сдвига) очагом деформации и без натяжения

Экспериментальные исследования проводили на лабораторном двухвалковом стане, оснащенном шестеренной клетью, позволяющей устанавливать фиксированные значения степени рассогласования окружных скоростей валков в широких пределах от 1 до 2,17 и приводным механизмом, обеспечивающим равенство скоростей вращения ведущего валка и выхода полосы из валков

Эффективность нового способа оценивали в сравнении с результатами, полученными при обычной прокатке

Величину опережения и энергосиловые параметры процесса прокатки определяли по общепринятой методике с использованием современной аппаратуры и приборов (тензометрический усилитель "Топаз-3", самопишущий прибор И338-6, испытательная машина УММ-100 и др.)

Научная новизна и значимость полученных результатов. Предложен и научно обоснован способ изготовления полосовых заготовок продольной прокаткой с критическим рассогласованием окружных скоростей валков

Получены аналитические зависимости для определения параметров зоны сдвига, коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков, нормальных контактных напряжений по дуге захвата, их средних значений и давления металла на валки

Установлен характер изменения величины коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков и нормальных контактных напряжений в зависимости от основных параметров процесса прокатки

Определены основные технологические параметры изготовления полосовых заготовок с переменной по длине толщиной продольной прокаткой с критическим рассогласованием окружных скоростей валков

Разработан технологический процесс несимметричной прокатки полос переменной по длине толщины

Практическая значимость полученных результатов. Предложена методика расчета технологических параметров процесса продольной прокатки полосовых заготовок переменной по длине толщины, позволяющая производить обоснованный выбор наиболее рациональных режимов деформирования при разработке технологического процесса, а также располагать необходимой исходной информацией на стадии проектирования соответствующего оборудования

Результаты работы реализованы при разработке технологического процесса изготовления полос переменной по длине толщины продольной прокаткой с критическим рассогласованием скоростей относительного перемещения деформирующего инструмента для малолистовых рессор автомобильных транспортных средств

Проведена промышленная апробация предложенной технологии на Минском рессорном заводе на модернизированном стане при изготовлении полосовых заготовок переменной по длине толщины для малолистовых рессор автомобильного прицепа "Зубренок". Предложенная технология по сравнению с существующей позволила снизить давление металла на деформирующий инструмент до 40%, повысить усталостную прочность рессоры на 25% и обеспечить размерную точность полосы по толщине в пределах $\pm 0,1$ мм

Результаты исследования внедрены в учебный процесс обучения студентов специальности Т02 02 02 "Технология, оборудование и автоматизация обработки материалов давлением" по курсу "Прокатка и волочение"

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

- 1 Научное обоснование нового способа продольной прокатки полосовых заготовок с критическим рассогласованием окружных скоростей валков
- 2 Результаты теоретических и экспериментальных исследований предложенного способа продольной прокатки полос
- 3 Методика расчета оптимальных режимов и технология процесса несимметричной прокатки полосовых заготовок с переменной по длине толщиной

Личный вклад соискателя. Основные научные и практические результаты диссертационной работы, а также положения, выносимые на защиту, разработаны и получены лично автором или при его непосредственном участии

Апробация результатов диссертации. Основные положения доложены и обсуждены на научно-технических конференциях на Третьей республиканской научно-технической конференции "Новые материалы и технологии", г Минск (1998 г), на Международной научно-технической конференции "Прогрессивные технологии обработки материалов", посвященной 100-летию со дня рождения академика С И Губкина и 50-летию основания кафедры "Машины и технология обработки металлов давлением", г Минск (1998 г), на Шестой Международной научно-технической конференции "Технология 99", г Братислава, Словакия (1999 г) на кафедре "Машины и технология обработки металлов давлением" им академика С И Губкина БГПА

Опубликованность результатов. По материалам диссертации опубликовано 2 статьи в журнале "Доклады НАНБ" и в материалах Шестой Международной научно-технической конференции "Технология 99" г Братислава 3 тезисов докладов на научно-технических конференциях

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, введения, общей характеристики работы, четырех глав заключения, списка использованных источников и приложения. Полный объем диссертации включает страниц машинописного текста рисунков 2 таблицы библиографических источников приложение на страницах

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении в виде аннотации изложены состояние вопроса, актуальность темы диссертации и определены общие задачи исследований

В первой главе рассмотрены области использования профильных полосовых заготовок в изделиях автомобильного транспорта, основные способы и устройства для их изготовления. Показано, что наиболее прогрессивным и более распространенным методом получения таких заготовок является продольная периодическая прокатка.

Проанализировано состояние вопроса теоретических исследований в данной области.

На основе анализа литературного обзора сделан вывод о необходимости поиска новых более эффективных схем продольной периодической прокатки с их глубокими теоретическими и экспериментальными исследованиями.

Во второй главе рассмотрена кинематика нового способа продольной прокатки в валках разного диаметра, но имеющих разные скорости вращения. Показано, что при кинематически несимметричной прокатке по сравнению с симметричным процессом в очаге деформации наряду с зонами отставания и опережения образуется зона сдвига, в которой силы трения на контактных поверхностях металла с валками направлены в противоположные стороны. С ростом степени рассогласования окружных скоростей валков ($k_v \leq V_{в1}/V_{в2}$) протяженность зоны сдвига увеличивается, соответственно, протяженность зоны опережения на ведущем валке (валок, вращающийся с большей скоростью) уменьшается, а на ведомом возрастает. При дальнейшем увеличении степени рассогласования наступает момент, когда зона опережения на ведущем валке исчезает полностью ($\gamma_1 = 0$), а на ведомом достигает максимального значения ($\gamma_2 = \gamma_k$) (рис. 1). Наступает, так называемое, критическое состояние, при котором очаг деформации состоит из зон отставания и сдвига, прокатка возможна без приложения переднего

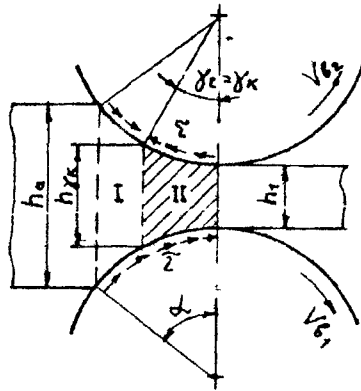


Рис. 1. Схема очага деформации при прокатке с критическим рассогласованием окружных скоростей валков ($k_v = k_1$).

го натяжения к прокатываемой полосе, скорость выхода полосы из валков равна окружной скорости ведущего валка ($V_{в1}$) и опережение со стороны ведущего валка отсутствует. На контактных поверхностях в зоне сдвига силы трения негравитируются, что приводит к снижению давления металла на валки. Дальнейшее увеличение степени рассогласования окружных скоростей валков приводит к еще большему снижению давления, однако, нормальный процесс прокатки в данном случае возможен только при подводе дополнительной энергии в очаг деформации, т.е. при обеспечении соответствующего переднего или комбинированного натяжения полосы. Следовательно, наиболее рациональной с точки зрения обеспечения снижения давления металла на валки, растягивающих напряжений в материале заготовки и повышения качества изделий является схема продольной прокатки полос с критическим рассогласованием окружных скоростей валков. Данная схема явилась основополагающей для теоретических и экспериментальных исследований в настоящей работе.

Из условия равновесия моментов сил в очаге деформации

$$\begin{aligned} p\mu R\alpha \cos \frac{\alpha}{2} + p\mu R(\alpha - \gamma_k) \cos \frac{\alpha + \gamma_k}{2} \\ - p\mu R\gamma_k \cos \frac{\gamma_k}{2} - 2pR\alpha \sin \frac{\alpha}{2} = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

- где p — среднее нормальное контактное напряжение,
 μ — коэффициент контактного трения,
 R — радиус валков,
 α — угол захвата,
 γ_k — угол положения нейтрального сечения при критическом рассогласовании окружных скоростей валков,

получена формула для расчета угла γ_k

$$\gamma_k = \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2\mu} \right) \quad (2)$$

Анализ выражения (2) показывает, что угол нейтрального сечения при критическом рассогласовании скоростей валков в два раза больше нейтрального угла при обычной прокатке.

Учитывая условие постоянства объема металла, проходящего через каждое сечение очага деформации в единицу времени (рис 1)

$$V_{в1} \cdot h_1 = V_{в2} \cdot h_{гk}, \quad (3)$$

где $V_{в1}$ и $V_{в2}$ — скорость вращения ведущего и ведомого валков соответственно,

получена формула для расчета коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков

$$k_k = \frac{V_{в1}}{V_{в2}} = 1 + \frac{R}{h_0 \left(1 - \frac{R}{h_0} \alpha^2\right)} \alpha^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2\mu}\right)^2 \quad (4)$$

или

$$k_k = 1 + (\lambda - 1) \left(1 - \frac{\alpha}{2\mu}\right)^2,$$

где $\lambda = h_0/h_1$ — коэффициент вытяжки

В формуле (4) выражение в знаменателе должно быть

$$1 - \frac{R}{h_0} \alpha^2 = 1 - \frac{h_0 - h_1}{h_0} > 0, \quad (5)$$

так как максимальное обжатие при прокатке $\Delta h = h_0 - h_1$ не может быть равным или большим исходной толщины полосы h_0

Установлено, что с увеличением μ (рис 2) и R/h_0 (рис 3) значение k_k растет. При этом зависимость k_k от α/μ (рис 2 и 3) в общем виде при отсутствии ограничений по формуле (5) выражается кривой с максимумом, соответствующем максимальному значению естественного угла захвата, т.е. при $\alpha = \mu$

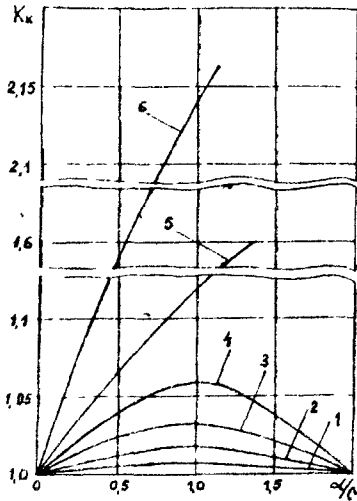


Рис 2 Теоретическая зависимость коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков от относительной величины α/μ при $R/h_0 = 5$ для различных значений μ
 1 $\mu = 0,05$, 2 $\mu = 0,1$,
 3 $\mu = 0,15$, 4 $\mu = 0,2$,
 5 $\mu = 0,3$, 6 $\mu = 0,35$

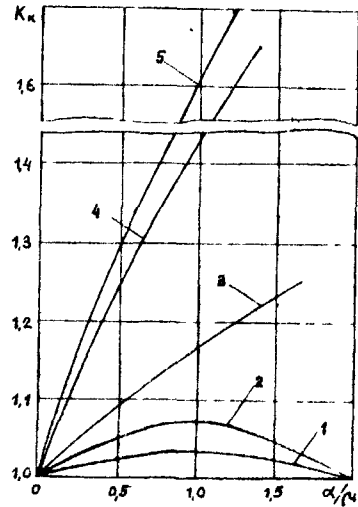


Рис 3 Теоретическая зависимость коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков от относительной величины α/μ при $\mu = 0,15$ для различных значений R/h_0
 1 $R/h_0 = 5$, 2 $R/h_0 = 10$,
 3 $R/h_0 = 15$, 4 $R/h_0 = 20$,
 5 $R/h_0 = 25$

Дифференциальные уравнения равновесия в очаге деформации имеют вид

для зоны I (отставания)

$$d\sigma_x - (p_x - \sigma_x) \frac{dh_x}{h_x} + \frac{\tau_x}{\operatorname{tg} \varphi_x} \frac{dh_x}{h_x} = 0 \quad (6)$$

и для зоны II (сдвига)

$$d\sigma_x - (p_x - \sigma_x) \frac{dh_x}{h_x} = 0, \quad (7)$$

где σ_x — нормальное напряжение сжатия в соответствующем сечении, действующее в направлении прокатки,
 p_x — контактное нормальное напряжение

τ_x — удельные контактные силы трения,
 h_x — высота полосы в произвольном сечении очага деформации
 φ_x — угол положения рассматриваемого сечения
 Условие пластичности запишется в виде

$$\sigma_x = p_x - \sigma_s, \quad (8)$$

где σ_s — предел текучести материала

На протяжении всей дуги захвата принимаем $\tau_x = \mu p_x$. Тогда $\operatorname{tg} \varphi_x = \Delta h / 2l$, где l — длина дуги захвата

Решив совместно уравнения (6), (7) и (8) с учетом принятых допущений, получим для зоны I

$$p_x = c_1 h_x^\delta + \frac{\sigma_s}{\delta} \quad (9)$$

и для зоны II

$$p_x = \sigma_s (\ln h_x + c_2). \quad (10)$$

где $\delta = \frac{\mu}{\operatorname{tg} \varphi_x} = \frac{2\mu l}{\Delta h} = \frac{2\mu}{\alpha}$.

Определив значения постоянных величин c_1 и c_2 из граничных условий и подставив их в уравнения (9) и (10), получим формулы для расчета нормальных контактных напряжений в зонах I и II

$$p_I = \frac{\sigma_s}{\delta} \left((\delta - 1) \left(\frac{h_0}{h_x} \right)^\delta - 1 \right), \quad (11)$$

$$p_{II} = \sigma_s \left(1 + \ln \frac{h_x}{h_1} \right) \quad (12)$$

После интегрирования полученных выражений в пределах длин соответствующих зон очага деформации получим уравнение для опре-

деления среднего нормального контактного напряжения при прокатке с критическим рассогласованием окружных скоростей валков

$$\frac{P_{cp_n}}{\sigma_s} = \frac{1}{\Delta h} h_{\gamma_k} \left(\frac{1}{\delta} \left(\left(\frac{h_0}{h_{\gamma_k}} \right)^\delta - 1 \right) + \ln \frac{h_{\gamma_k}}{h_1} \right) \quad (13)$$

Аналогично, среднее нормальное контактное напряжение при симметричной прокатке можно определить по формуле Целикова

$$\frac{P_{cp_0}}{\sigma_s} = \frac{1}{\Delta h} \cdot \frac{1}{\delta} h_{\gamma} \left(\left(\frac{h_0}{h_{\gamma}} \right)^\delta + \left(\frac{h_f}{h_1} \right)^\delta - 2 \right), \quad (14)$$

где h_{γ} — высота полосы в нейтральном сечении при симметричной прокатке

Теоретически проанализировано влияние основных параметров на величину нормальных контактных напряжений при прокатке с критическим рассогласованием окружных скоростей валков (выражение 13), а также при симметричной прокатке (выражение 14) и построены соответствующие графики зависимостей

Установлено, что с увеличением α/μ значения средних нормальных напряжений возрастают и в большей степени при более высоких значениях R/h_0 и μ . Для всех значений исследуемых параметров кривые, характеризующие процесс несимметричной прокатки, в общем виде имеют максимум снижения среднего нормального контактного напряжения в точке, соответствующей углу естественного захвата металла валками, т.е. $\alpha = \mu$. С ростом R/h_0 и μ степень снижения P_{cp_n}/σ_s увеличивается, но при этом граница возможных значений параметров осуществления процесса прокатки сужается, что обусловлено достижением абсолютного обжатия за проход равного начальной толщине полосы

В третьей главе рассмотрены вопросы выбора оборудования, материалы и методика проведения исследований. Для проведения экспериментальных опытов был использован лабораторный стан с диаметром валков 180 мм, оснащенный шестеренной клетью, обеспечивающей возможность прокатки при фиксированных значениях коэффициента рассогласования окружных скоростей валков в широких пределах от 1 до 2,17. Дополнительно в конструкции стана был предусмотрен приводной (от ведущего вала) механизм натяжения, обеспечивающий равенство скоростей вращения ведущего вала и переднего конца полосы во всем исследуемом диапазоне скоростей прокатки. Равенство скоростей контролировали по отсутствию опережения на полосе со стороны веду-

шего валька методом керновых отметок Прокатку осуществляли при нормальной температуре без смазки

В качестве материалов для исследований использовали свинцовые полосы сечением 30x4 мм для моделирования процесса горячей прокатки рессорной стали и алюминиевые полосы сечением 30x3 мм – в качестве упрочняющегося материала при холодном деформировании

Энергосиловые параметры процесса прокатки в ходе экспериментальных исследований регистрировали с помощью тензометрической аппаратуры тензоусилителя "Топаз-3" с блоком питания "Агап" и самопишущего прибора И338-6, с последующей расшифровкой полученных данных по тарировочным графикам

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований процесса прокатки полос с кривоглибким рассогласованием окружных скоростей валков, методика расчета основных технологических параметров несимметричной прокатки полосовых заготовок с переменной по длине толщиной, технология производства полос переменного профиля и конструкция модернизированного прокатного стана для промышленного апробирования предложенной технологии

Определение экспериментальным путем силовых параметров процесса несимметричной прокатки сводилось к установлению зависимостей усилия прокатки и средних нормальных контактных напряжений от величины обжатия при различных значениях коэффициента рассогласования окружных скоростей валков Установлено, что кривые, характеризующие процесс несимметричной прокатки, располагаются ниже кривых, характеризующих процесс симметричной прокатки С ростом коэффициента вытяжки снижение силовых параметров несимметричной прокатки по сравнению с обычной прокаткой увеличивается и в большей степени при более высоких значениях коэффициента рассогласования окружных скоростей валков (k_v), а также при прокатке металла с большим пределом текучести, т.е. алюминия, что обусловлено более высокими силами контактного трения и, соответственно, большей протяженностью зоны сдвига в очаге деформации Так, например, при симметричной прокатке с коэффициентом рассогласования $k_v = 1,0$ и степенью вытяжки $\lambda = 3,0$ величина среднего нормального контактного напряжения ($p_{ср} / \sigma_s$) составила для свинца 1,78, для алюминия 2,22 При несимметричной прокатке с $k_v = 2,17$ и $\lambda = 3,0$ величина $p_{ср} / \sigma_s$ стала равной для свинца 1,1 а для алюминия 1,2, что согласуется с теоретическими данными

Для различных металлов по методу опережения при обычной прокатке без натяжения определены значения коэффициента контактного трения при различных обжатиях за проход Показано, что с увеличением λ значения коэффициента трения растут и в большей степени при прокатке алюминия

Для реальных условий прокатки (R , h_0 , μ и α) определены значения коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков (k_k) и построены графики зависимости k_k от α/μ при различных величинах коэффициента контактного трения. Установлено, что изменение коэффициента k_k для исследуемых параметров прокатки имеет близкую сходимость с расчетными, при этом более сложный характер экспериментальных кривых обусловлен неодинаковой интенсивностью роста μ и α при увеличении коэффициента вытяжки. Для оценки эффективности процесса прокатки полос с критическим рассогласованием окружных скоростей валков определены экспериментальные значения коэффициента k_k при различных степенях вытяжки за проход и значениях μ и α , соответствующих данной вытяжке. Показано, что процесс несимметричной прокатки менее пластичного металла, т.е. алюминия, протекает стабильно при более высоких значениях коэффициента k_k , что обусловлено различными условиями трения на контактных поверхностях металла с вальцами.

Экспериментально исследовано влияние коэффициента вытяжки и степени критического рассогласования окружных скоростей валков на характер изменения нормальных контактных напряжений при симметричной и несимметричной прокатке. Установлено, что с ростом λ и коэффициента k_k величина снижения среднего нормального контактного напряжения ($n = \frac{P_{ср.} - P_{ср_0}}{P_{ср_0}} \times 100$) растет и в большей степени при прокатке алюминия. Так, например, при несимметричной прокатке свинца с критическим рассогласованием окружных скоростей валков ($k_k = 1,14$) с $\lambda = 2,0$ степень снижения среднего нормального контактного напряжения ($P_{ср.}/\sigma_s$) по сравнению с обычной прокаткой при прочих равных условиях составила 15,9%, а при прокатке алюминия ($k_k = 1,33$) с $\lambda = 2,0$ более 27%. Максимальная степень снижения при прокатке свинца с $k_k = 1,44$ и $\lambda = 3,0$ составила около 33% а при прокатке алюминия с $k_k = 1,77$ – более 42%. Показано, что количественное расхождение теоретических (рассчитанных по формулам (13) и (14) для опытных значений параметров прокатки) и экспериментальных данных при этом не превышает 8%.

Для разработки технологического процесса прокатки полосовых заготовок с переменной по длине толщиной по новому способу, характеризующейся нестационарными условиями деформирования, когда степень обжатия изменяется от минимальных значений в середине заготовки до максимальных на ее концах, предложена методика расчета основных технологических параметров, обеспечивающих наибольшую его эффективность. Сущность методики заключается в следующем. По заданным параметрам исходной и прокатанной заготовки (R , h_0 , μ и σ) оп-

ределяют величину максимального обжатия. Затем по расчетной зависимости (4) определяется величина коэффициента критического рассогласования относительного перемещения деформирующего инструмента, соответствующая максимальному обжатю заготовки. Такой коэффициент рассогласования принимается постоянным для всего цикла прокатки. В начале технологического цикла прокатка будет происходить при $k_1 < k_k$, т.е. очаг деформации будет состоять из двух зон (отставания и опережения) и для стабильного протекания процесса к переднему концу полосы необходимо прикладывать переднее натяжение такой величины, чтобы на ведущем валке отсутствовало опережение. Практически это можно осуществить, принудительно задавая переднему концу полосы скорость равную окружной скорости ведущего валка. С увеличением степени деформации разность между k_1 и k_k будет уменьшаться, величина переднего натяжения будет снижаться и при максимальном обжатии концов полосы когда $k_1 = k_k$, переднее натяжение станет равным нулю.

Проведено опытно-промышленное опробование предложенной технологии на модернизированном прокатном стане Минского рессорного завода при изготовлении партии полосовых заготовок переменной по длине сечения для малолитровых рессор автомобильного прицепа "Зубренок" производства Минского автомобильного завода. Испытания показали, что по сравнению с существующей прокаткой по предложенной технологии обеспечивается снижение давления металла на валки до 40% повышение усталостной прочности рессоры на 25% и размерную точность по толщине полосы в пределах $\pm 0,1$ мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен и научно обоснован новый способ продольной периодической прокатки полосы с критическим рассогласованием окружных скоростей валков, при котором очаг деформации состоит из зон отставания и сдвига, что обеспечивает снижение давления металла на валки и повышение качества изделия [3, 4].

2. Получены аналитические зависимости для определения параметров зоны сдвига и коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков (k_k). Показано, что протяженность зоны сдвига вдвое превышает длину зоны опережения при обычной прокатке. Установлено, что с увеличением относительной толщины полосы (R/h_0) и коэффициента контактного трения (μ) значение k_k растет, при этом, в общем случае зависимость k_k от α и μ при постоянном коэффициенте трения и R/h_0 выражается кривой с максимумом в точке, соответствующей максимальному углу естественного захвата металла валками ($\alpha = \mu$). Показано, что при низких значениях R/h_0 и μ процесс несимметричной

прокатки возможен во всем диапазоне значений α/μ от нуля до двух. С ростом R/h_0 и μ область значений α/μ сужается, что обусловлено достижением абсолютного обжатия за проход равного начальной толщине полосы [1].

3 Получены выражения для определения нормальных контактных напряжений по дуге захвата, их средних значений (p_{cp}) и давления металла на валки (P_{np}). Установлено, что нормальные контактные напряжения достигают максимума на границе зон отставания и сдвига, при этом значения их в зоне сдвига ниже, чем в зоне опережения при обычной прокатке. Максимальное снижение p_{cp} происходит при $\alpha = \mu$ и увеличивается с ростом R/h_0 и μ [1, 2].

4 Экспериментально установлено, что изменение коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков (k_x) для реальных условий прокатки имеет близкую сходимость с расчетными зависимостями. Более сложный характер опытных кривых изменения k_x от α/μ для различных металлов обусловлен неодинаковой интенсивностью роста μ и α при увеличении коэффициента вытяжки. Подтверждено, что прокатка по новому способу позволяет снизить энергосиловые параметры до 40% и более. Полученные данные в количественном отношении согласуются с теоретическими, погрешность при этом не превышает 8% [2, 5].

5 Предложена методика расчета оптимальных режимов продольной прокатки полос переменной по длине толщины, предусматривающая определение величины k_x , постоянной для всего цикла прокатки, при заданных значениях R , h_0 , μ , α и соответствующей максимальной степени деформации полосы. Разработан технологический процесс изготовления полос переменного по толщине профиля для малолистовых рессор прицепа "Зубренок", проведена модернизация прокатного стана и опытно-промышленное опробование предложенной технологии. Это позволило по сравнению с существующей технологией снизить давление металла на валки до 40%, повысить усталостную прочность рессоры на 25% и обеспечить размерную точность полосы по толщине в пределах $\pm 0,1$ мм.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1 Степаненко А В, Карпицкий Ю В, Смирнова Л А Кинематические и силовые параметры прокатки с критическим рассогласованием окружных скоростей валков // Доклады НАНБ 1999 Т 43, №5 С 111-113
- 2 Степаненко А В, Исаевич Л А, Карпицкий Ю В, Смирнова Л А Прокатка полос с критическим рассогласованием окружных скоростей валков // Технологии 99 Материалы 6-ой Международной науч-техн конф - Братислава (Словакия), 1999-Ч 1 С 417-420
- 3 Степаненко А В, Карпицкий Ю В, Смирнова Л А Технологические основы повышения качества маполистовых рессор // Материалы технологии, инструменты Тез докл III Республиканской науч-техн конф Минск, 21-22 мая 1998 г Гомель ИММС НАНБ 1998 Т 3, № 2 - С 40
- 4 Степаненко А В, Карпицкий Ю В, Смирнова Л А Прокатка полос с критическим рассогласованием окружных скоростей валков // Материалы, технологии, инструменты Тез докл III Республиканской науч-техн конф, Минск, 21-22 мая 1998 г Гомель ИММС НАНБ, 1998 - Т 3, № 2 - С 26
- 5 Степаненко А В, Карпицкий Ю В Исследование асимметричной прокатки полос // Прогрессивные технологии обработки материалов Материалы Международной научно-технической конференции посвященной 100 летию со дня рождения академика С И Губкина и 50-летию основания кафедры "Машины и технология обработки металлов давлением" имени С И Губкина / Под общ ред Л А Исаевича Минск УНПЦ "Металл" БИПА, 1998 С 142-143

Исаевич

РЕЗЮМЕ

КАРИШЦКИЙ ЮРИЙ ВИКТОРОВИЧ

РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ И
ПОЛУФАБРИКАТОВ ПРОДОЛЬНОЙ
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОКАТКОЙ

Ключевые слова: продольная прокатка, коэффициент критического рассогласования окружных скоростей валков, очаг деформации, полоса, нормальное контактное напряжение, усилие прокатки, технологический процесс

Объектами исследований в диссертационной работе выбраны свинец для моделирования процесса горячей прокатки рессорной стали и алюминий как упрочняющийся материал при холодном деформировании. Целью работы было разработать и внедрить научно обоснованный эффективный способ технологии и оборудования продольной прокатки полосовых заготовок переменной толщины, обеспечивающего снижение давления металла на валки и повышение качества изделий.

Приводится кинематика нового способа продольной прокатки с критическим рассогласованием окружных скоростей валков. Получены основные зависимости для определения коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков, нормальных контактных напряжений и усилия прокатки. Исследовано влияние основных параметров на кинематические и силовые характеристики процесса несимметричной прокатки.

На основании проведенных исследований предложена методика определения основных технологических параметров процесса изготовления полос переменной толщины продольной прокаткой с критическим рассогласованием окружных скоростей валков.

Разработан технологический процесс несимметричной прокатки полос переменной толщины. Использование разработанной технологии позволило снизить давление металла на валки до 40% и повысить усталостную прочность рессоры на 25%.

Р'ЭЗЮМЕ

КАРШЦКІ ЮРЫІ ВІКІ АРАВІЧ

РАСПРАЦОЎКА НОВАГА СПАСАБУ І
ТЭХНАЛОГІІ АТРЫМАННЯ ВЫРАБАУ І
ПАУФАБРЫКАТАЎ ПАДОЎЖНАЙ
ПЕРЫЯДЫЧНАЙ ПРАКАТКАЙ

Ключавыя словы падоўжная пракатка, каэфіцыент крытычнага разузгаднення акружнай скорасці валкоў, ачаг дэфармацыі, паласа, нармальнае кантактнае напружанне, сіла пракаткі, тэхналагічны працэс.

Аб'ектамі даследавання ў дысертацыйнай рабоце выбраны свінец для мадэлявання працэсу гарачай пракаткі рысорнай сталі і алюміній як матэрыял, здольны умацоўвацца пры халодным дэфармаванні. Мэтай работы было распрацоўка і ўкараненне навукова абгрунтаванага эфектыўнага спосабу, тэхналогіі і абсталявання падоўжнай пракаткі паласавых загатоўак пераменнай таўшчыні, здольнага забяспечыць ніжэйне ціску металу на валкі і павышэнне якасці вырабаў.

Прыводзіцца кінематыка новага спосабу падоўжнай пракаткі з крытычным разузгадненнем акружных скорасцей валкоў. Атрыманы асноўныя залежнасці для вызначэння каэфіцыента крытычнага разузгаднення акружных скорасцей валкоў, нармальнага кантактнага напружання і намягання пракаткі. Даследавана ўздзеянне асноўных параметраў на кінематычныя і статычныя характарыстыкі працэсу несметрычнай пракаткі.

На аснове праведзеных даследаванняў прапанавана метадыка вызначэння асноўных тэхналагічных параметраў працэсу вырабу палос пераменнай таўшчыні падоўжнай пракаткай з крытычным разузгадненнем акружных скорасцей валкоў.

Распрацаваны тэхналагічны працэс несметрычнай пракаткі палос пераменнай таўшчыні. Выкарыстанне распрацаванай тэхналогіі з'яўляецца вынікам ціску металу на валкі да 40% і павышэнне стомленасці прывадаў на 25%.

SUMMARY

KARPITSKY YURI VICTOROVICH

ENGINEERING OF NEW METHOD, PROCESSING FOR READY-MADE AND HALF-FINISHED ARTICLES PRODUCTION BY LONGITUDINAL PERIODIC ROLLING

Keywords longitudinal rolling, coefficient of critical misalignment of circumferential rates of rolls, a center of deformations, manufacturing method

Lead and aluminum are the subjects of the investigations in this thesis. The first one has been chosen for the simulation of the of hot rolling process of laminated spring steel and the second one as hardening material at cold deforming. The purpose of this work is development and adoption of scientific substantiated effective procedures and techniques, longitudinal rolling equipment of strip feeds with variable thickness ensuring decrease of metal pressure on the rolls and improvement of articles quality.

The kinematics of a new method of longitudinal rolling with critical misalignment of radial velocities of rolls is quoted in the given work. The basic relation for definition of the factor of critical misalignment of radial velocities of rolls as well normal contact pressure and force of rolling are obtained. The influence of the main variables on kinematic and power performance of asymmetrical rolling process is studied.

Definition technique of the basic technological parameters of the manufacturing method of bands with variable thickness by longitudinal rolling with critical misalignment of radial velocities of rolls is proposed in this work on the basis of conducted investigations. The process of asymmetrical rolling of bands with variable thickness is designed.

Usage of designed know-how is allowed to reduce metal pressure on rolls up to 40% and to increase fatigue resistance of the spring by 25%.

КАРПИЦКИЙ Юрий Викторович

**РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ И ПОЛУФАБРИКАТОВ
ПРОДОЛЬНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОКАТКОЙ**

05 16.05 – Обработка металлов давлением

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Редактор М П Антонова

Подписано в печать 17.12.99

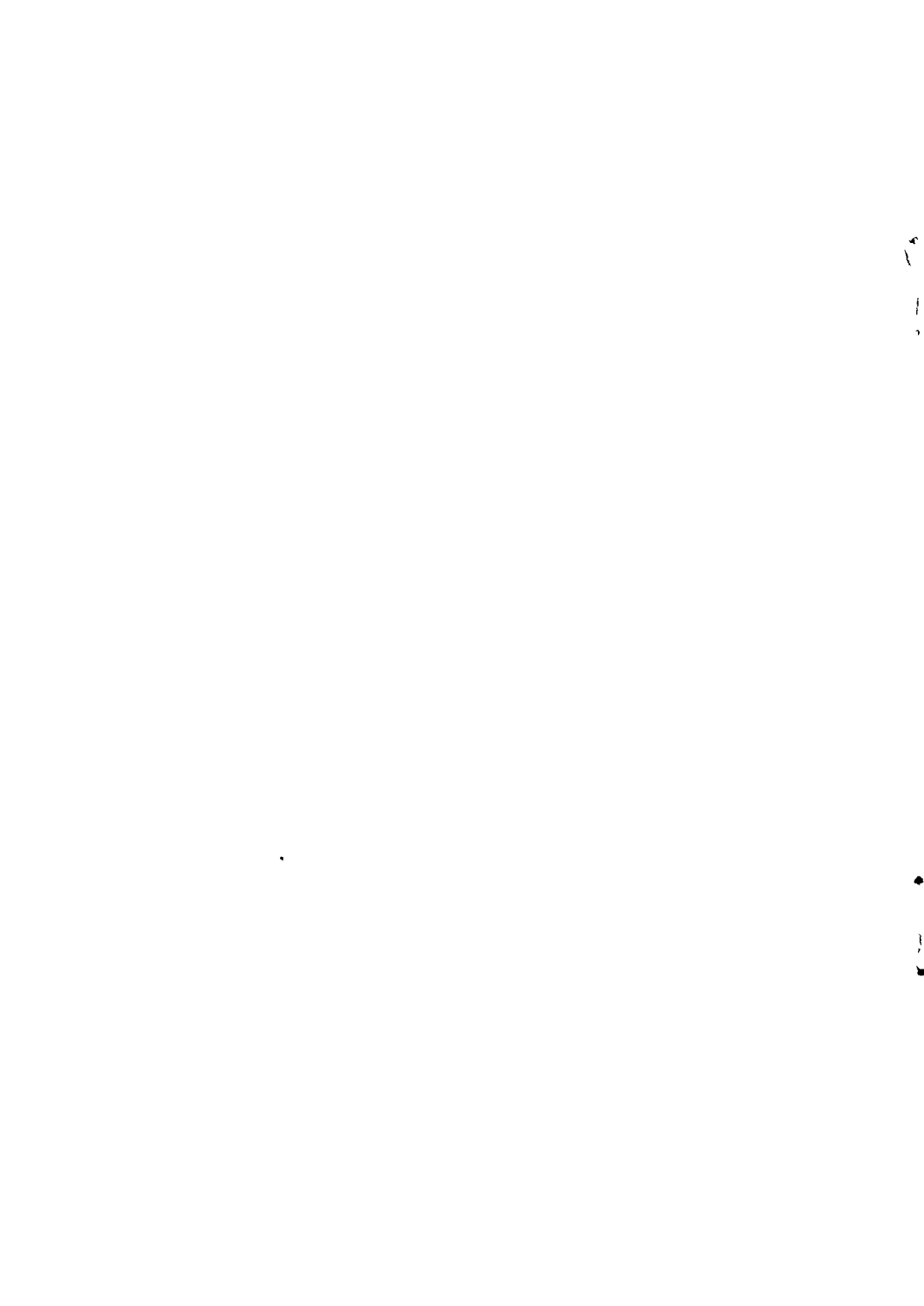
Формат 60x84 1/16 Бумага тип № 2 Офсет печать

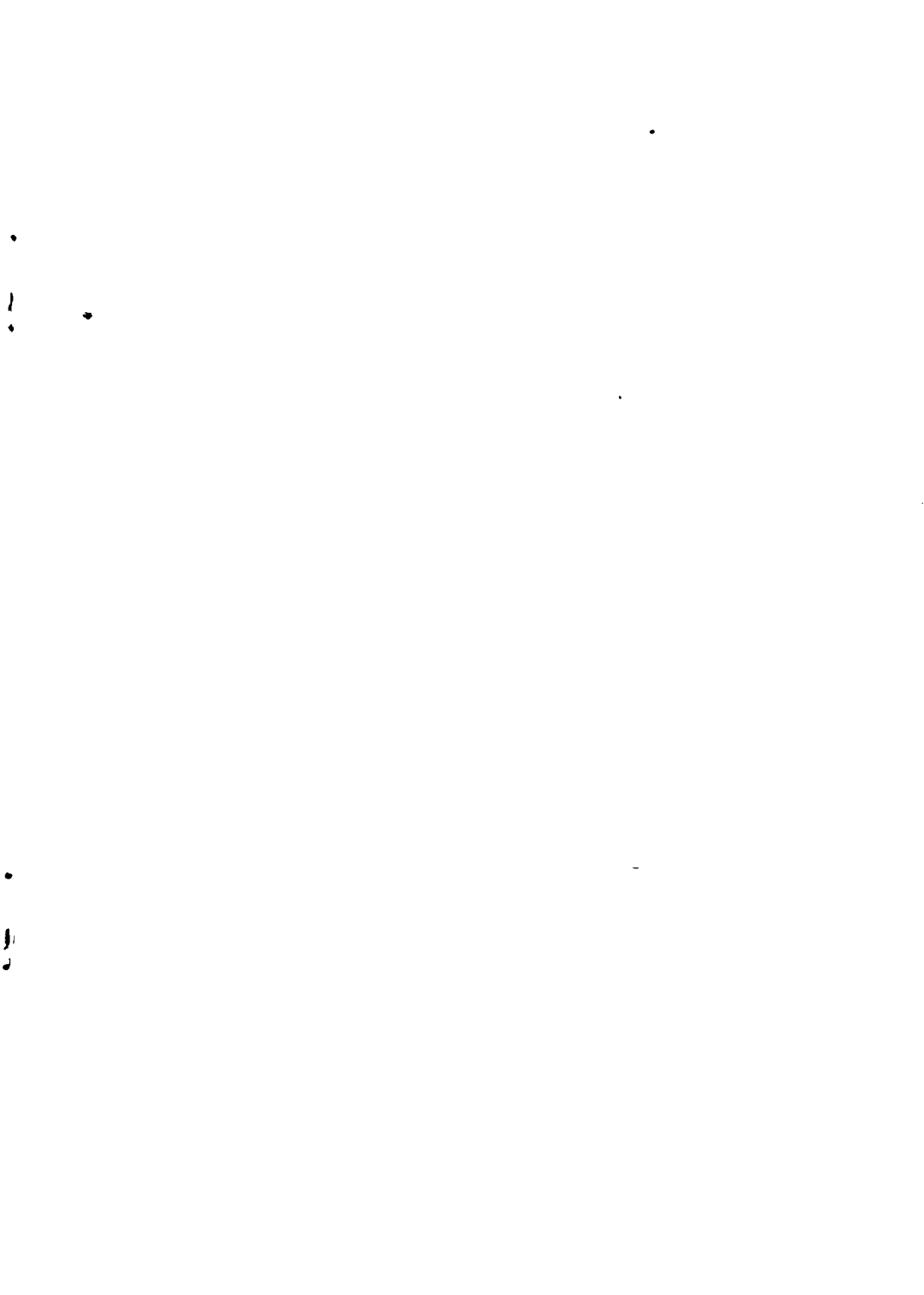
Усл печ л 1,2 Уч-изд л 0,9 Тираж 100 Зак 663

Издатель и полиграфическое исполнение

Белорусская государственная политехническая академия

Лицензия ИВ №155 от 30.01.98 220027, Минск, пр. Ф. Скорины, 65





■ . 2322 $\frac{A2000}{2322}$