

М 311785

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское

ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшее
техническое училище имени Н.Э.Баумана

СВИРИДЕНКО Владимир Федорович

На правах рукописи

НЕ
НА ДОМ
ВЫДАЕТСЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАНЕТАРНОЙ ПРОКАТКИ С
ЧЕТЫРЕХСТОРОННИМ ОБЖАТИЕМ НА ПЕРВОМ ПРОМЫШЛЕННОМ
СТАНЕ

(Специальность 05.03.05 Машины и технология
обработки давлением)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1977г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

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

СВИРИДЕНКО Владимир Федорович

На правах рукописи



4
33/15 10/88
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАНЕТАРНОЙ ПРОКАТКИ С
ЧЕТЫРЕХСТОРОННИМ ОБЖАТИЕМ НА ПЕРВОМ ПРОМЫШЛЕННОМ
СТАНЕ

(Специальность 05.03.05 Машины и технология
обработки давлением)

М 311785

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1977г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена
Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени
Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - академик ЦЕЛИКОВ А.И.

Научный консультант - к.т.н., доцент НИКИТИН Г.С.

Официальные оппоненты:

Профессор, доктор технических наук - ПОЛУХИН В.П.

Кандидат технических наук - ПОГОРЖЕЛЬСКИЙ В.И.

Ведущее предприятие - металлургический завод "Серп и
Молот".

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1977 г.
на заседании специализированного Совета К 33/13 по металлу-
ведению и горячей обработке металлов
Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу:
Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., 5.

Ваши отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, про-
сьба высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.
Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " 2 " марта 1977 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО
СОВЕТА

кандидат технических наук, доцент

Беликов О.А.

Л-79399 от 2/II-77. Объем I п.л. Тип.МВТУ Зак.243 Тир.100 экз.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В связи с развитием новых отраслей промышленности все большее внимание уделяется новым маркам сталей и сплавов, способных выдерживать высокие нагрузки и температуры. Обычно такие стали и сплавы являются труднодеформируемые. Обработка давлением (прокатка и прессование) таких сталей и сплавов является сложной и малопроизводительной. К разряду труднодеформируемых материалов относится большая группа легированных сталей и сплавов типа ЭП-51, ЭИ-929, ЭИ-702, Х20Н80 и др., а также, так называемые "чистые металлы", титан, молибден, вольфрам и др.

Наиболее прогрессивным методом получения сортового проката из труднодеформируемых сталей и сплавов является процесс совмещенной разливки и прокатки с использованием планетарных станов с 4-х сторонним обжатием. Станы подобного типа созданы под руководством А.И.Целикова во ВНИИМЕТМАШе и получили распространение в последние годы.

Новизна процесса, наличие в одной линии полного цикла металлургического производства делают актуальной проблему дальнейшего совершенствования производства сортового проката из труднодеформируемых сталей и сплавов.

Цель работы. Выявить и обосновать силовые условия прокатки труднодеформируемых сталей и сплавов на планетарных станах с 4-х сторонним обжатием при использовании заготовок сечения (ϕ 100 + ϕ 80).

Разработать оптимальные технологические режимы при прокатке труднодеформируемых сплавов на планетарном стане "100".

Исучная новизна. В диссертационной работе теоретически и экспериментально исследованы энергосиловые параметры процесса планетарной прокатки с 4-х сторонним обжатием при использовании заготовок среднего сечения с учетом основных особенностей процесса: высокой дробности и степени деформации, наличие внеконтактных внешних зон, влияние накопленного уширения, переменной степени и скорости деформации, температуры и т.п. по очагу деформации.

Практическая ценность. На основании анализа энергосиловых параметров процесса и качества полученного проката разработаны режимы деформации, способствующие повышению выхода годного при прокатке сорта и труднодеформируемых сталей и сплавов на планетарных станах с 4-х сторонним обжатием.

Реализация работы. По результатам диссертационной работы создана заводская технологическая инструкция, включающая в себя технологические режимы работы всех агрегатов отделения непрерывной разливки и прокатки сплавов.

Публикация. Основное содержание работы опубликовано в статье и доложено на Всесоюзной научно-технической конференции "Теоретические проблемы прокатного производства", состоявшейся в г. Днепропетровске в 1972г. и на научном семинаре кафедры АМ-Ю МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Объем работы. Диссертация содержит 5 глав, 92 страницы текста, 68 рисунков, 18 таблиц и список литературы из 44 наименований.

ПРОИЗВОДСТВО ПРОКАТА ИЗ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В работе рассмотрены основные способы получения проката из труднодеформируемых сталей и сплавов (ковка на молотах в подкладных штампах, прокатка на станах линейного типа) и обосновано получение сортового проката из труднодеформируемых сталей и сплавов с использованием планетарных станов с 4-х сторонним обжатием.

Разработка планетарных станов с 4-х сторонним обжатием, явилась следствием создания новых технологических процессов, в частности, процесса совмещения непрерывной разливки и прокатки. Этот процесс включает в себя следующие:

- разливка стали на установках непрерывной разливки (УНРС)
- прокатка на планетарном стане с 4-х сторонним обжатием
- прокатка на непрерывном мелкосортном стане.

Так как скорость прокатки в непрерывной группе значительно больше скорости разливки, то планетарный стан является как обжимным, так и связующим звеном между УНРС и непрерывным станом, Процесс планетарной прокатки с 4-х сторонним обжатием обладает следующими особенностями, позволяющими прокатывать высокопроч-

ные труднодеформируемые сплавы:

1. Благоприятная схема деформации, близкая к трехосному сжатию и высокая степень деформации, достигающая 98% на один проход.

2. Разогрев металла в очаге деформации, что позволяет обрабатывать сплавы с узким температурным интервалом деформации.

В работе рассмотрены также конструктивные особенности некоторых зарубежных листовых планетарных станков, а также отечественных планетарных станков с 4-х сторонним обжатием, разработанных во ВНИИМЕТМАШе под руководством академика Целикова А.И.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОКАТКЕ НА ПЛАНЕТАРНОМ СТАНЕ "100"

Теоретическое определение усилий прокатки на станках с 4-х сторонним обжатием является сложной задачей, поскольку на протяжении зоны деформации переменными являются все основные параметры: обжатие, длина мгновенного очага деформации, высота и ширина полосы. Кроме этого на первой части пирамиды деформации большое влияние на величину усилия прокатки оказывают внеконтактные боковые зоны, а также поверхностный характер деформации.

Как и при обычном процессе прокатки задача определения усилия прокатки сводится к двум:

- определение величины среднего давления
- определение проекции контактной площади вала с металлом.

При решении задачи по определению величины среднего давления необходимо было рассмотреть следующие вопросы:

1. Определение величины фактического сопротивления металла при больших степенях деформации и скорости деформации.

2. Определение коэффициента напряженного состояния.

Рассмотрим ряд особенностей процесса планетарной прокатки с 4-х сторонним обжатием, которые не позволяют использовать существующие методики для определения усилия прокатки. При определении влияния степени деформации на сопротивление деформации при планетарной прокатке с 4-х сторонним обжатием необходимо учитывать, что процесс деформации является дробным, время прохода одного рабочего вала по пирамиде деформации весьма мало

(0,01+0,03 сек) и в интервале между каждой разовой деформацией не успевают полностью проходить процессы разупрочнения.

Используя уравнения Целикова А.И.

$$d\sigma = D d\epsilon - A(\sigma - \sigma_0) d\tau \quad (I)$$

где D - модуль упрочнения (кг/мм²)

ϵ - степень деформации

A - коэффициент скорости релаксации (1/сек)

σ_0 - статическое сопротивление деформации

σ - сопротивление деформации при прокатке

τ - время релаксации

можно как и при листовой планетарной прокатке показать, что разупрочнение во время пауз практически не происходит. При анализе уравнения (I) для случая планетарной прокатки с 4-х сторонним обжатием следует учитывать, что в начале пирамиды деформации ($\frac{1}{3} + \frac{1}{2}$) деформация локализуется у поверхности, а лишь затем начинает проникать на все сечение заготовки. Через определенный момент на процессы разупрочнения будет оказывать влияние деформация от пары валков, действующей в перпендикулярно плоскости, что в свою очередь замедлит или совсем исключит процесс разупрочнения.

Интегрируя уравнение (I) можно получить следующие выражения описывающие сопротивление деформации в начале и в конце паузы:

$$\sigma_g = \sigma_0 + \frac{Du}{A} (1 + e^{-A\tau_g}) \quad (2)$$

$$\sigma_n = \sigma_g - (\sigma_g - \sigma_0) e^{-A\tau_p} \quad (3)$$

Если принять, что $D = 5 \text{ кг/мм}^2$, $A = 1 \frac{1}{\text{сек}}$ (при $t = 1000^\circ\text{C}$)
 $U = 50 \text{ сек}^{-1}$; $\sigma_0 = 6 \text{ кг/мм}^2$, $\tau_g = 0,02 \text{ сек}$, $\tau_p = 0,006 \text{ сек}$.
 то после подстановки этих значений в уравнения (2) и (3) получим, что:

$$\sigma_g = 6,5 \text{ кг/мм}^2$$

$$\sigma_n = 6,4874 \text{ кг/мм}^2$$

Следовательно, за время паузы металл разупрочняется на величину $0,0126 \text{ кг/мм}^2$ по сравнению с величиной его упрочнения $0,5 \text{ кг/мм}^2$. С целью проверки предположения о незначительном влиянии паузы при данном процессе на сопротивление деформации можно воспользоваться результатами экспериментов, проведенных вместе с Зуевым И.Г. (МВТУ) по кручению образцов с остановками во время кручения. Анализ экспериментальных данных подтверждает ранее сделанный вывод об отсутствии разупрочнения во время кратковременной паузы ($\tau_n = 1 \text{ сек}$). Из этого следует, что при определении степени деформации следует учитывать суммарную деформацию рассматриваемого сечения, а не разовую (порционную).

Характерной особенностью процесса планетарной прокатки является резко выраженная неравномерность деформации как по высоте, так и по длине очага деформации. Анализ экспериментальных данных по прокатке образцов со штифтом позволил сделать вывод, что на начальном участке пирамиды деформации деформация не проникает на все сечение заготовки и, следовательно, необходимо рассматривать процесс прокатки с наличием недеформируемой зоны в сердцевине заготовки. На этом участке величину отношения ℓ/h_{cp} необходимо заменить на отношение $\ell/h_{деф}$ и уже исходя из этого определять степень и скорость деформации, которые являются функцией отношения ℓ/h_x .

При определении контактной площади также необходимо учитывать ряд особенностей в расчетах длины дуги и ширины мгновенного очага деформации при планетарной прокатке листа и труб в закрытых калибрах рассмотренных в работах А.И.Целикова, Р.И.Ритмана, П.К.Тетерина и др., а для случая прокатки на планетарном стане с 4-х сторонним обжатием в работах В.Д.Мерзлякова и В.А.Капустина. Однако, как показали исследования планетарного стана "100" ранее предложенные методики определения параметров очага деформации при планетарной прокатке с 4-х сторонним обжатием лишь приближенно отражают характер изменения длины дуги контакта в мгновенном очаге деформации на значительном участке пирамиды деформации, а также не учитывают особенность процесса планетарной прокатки с 4-х сторонним обжатием, накопленное уширение.

В данной работе используется методика определения длины мгновенного очага деформации, разработанная Евстроповым Г.М. (МВТУ) при участии автора для случая прокатки на планетарном стане "100" на основании положений А.И.Целикова, а также методика определения ширины мгновенного очага деформации с учетом накопленного уширения, разработанная автором.

Примем, что продольная и поперечная деформация пропорциональны высотной, т.е.

$$\begin{aligned}\frac{d\ell}{\ell} &= -K_x \frac{dh}{h} \\ \frac{d\delta}{\delta} &= -K_z \frac{dh}{h}\end{aligned}\quad (4)$$

где K_x и K_z — коэффициенты пропорциональности для продольной и поперечной деформации.

По данным Целикова А.И. и Гришкова А.И. K_z является функцией основных параметров прокатки:

$$K_z = f\left(\ln \frac{h_0}{h_1}; \frac{\ell_0}{\ell_{cp}}; \frac{\delta_0}{\ell_0}; m; \frac{\delta_0 + \delta_1}{2K}\right) \quad (5)$$

и аналитически получить зависимость K_z пока не представляется возможным. Если принять, что $K_z = \text{const}$, то после интегрирования получим:

$$\delta_x = \delta_0 \left(\frac{h_0}{h_x} \right)^{K_z} \quad (6)$$

$$\Delta \delta_x = \delta_0 \left[\left(\frac{h_0}{h_x} \right)^{K_z} - 1 \right] \quad (7)$$

где

$$K_z = \frac{\ln \frac{\delta_1}{\delta_0}}{\ln \frac{h_0}{h_1}} \quad (8)$$

Согласно уравнению (8) величина K_z меняется от 0 до 1. Когда уширения нет, т.е. когда имеет место только продольная деформация, то $K_z = 0$, а когда нет вытяжки, т.е. когда име-

ет место только поперечная деформация, то $K_z = 1$.

Рассматривая пирамиду деформации при планетарной прокатке с 4-х сторонним обжатием заготовки "на ребро" можно выделить три характерных участка:

- первый участок - от плоскости входа - с наличием сильно развитых боковых внешних зон, на котором преобладает поперечная деформация. На этом участке величину K_z можно принять равной 1;

- второй участок - участок пирамиды деформации, где начинает развиваться продольная деформация и, очевидно, имеется плоскость, в которой $K_x = K_z = 0,5$;

- третий участок - участок пирамиды деформации в плоскости сжатия боковых внешних зон, где величина отношения $\frac{\delta}{\ell^2} > 4$ и, следовательно, преобладает продольная деформация. На этом участке величину K_z можно принять равной 0.

Границы этих участков можно определить, используя основные уравнения двумерной деформации и экспериментальные данные по прокатке образцов с боковыми внешними зонами в условиях близких к процессу планетарной прокатки. Исходя из этого можно построить графики распределения коэффициентов продольной и поперечной деформации по пирамиде деформации и, следовательно, рассчитать величину накопленного уширения, которое необходимо учитывать при расчете контактной площади.

Величину среднего давления можно определить по известной формуле:

$$p_{cp} = \frac{2}{\sqrt{3 + \xi^2}} \cdot n\sigma \cdot \sigma_{\phi} \quad (9)$$

Величину σ_{ϕ} можно определить методом базисных давлений с использованием термомеханических коэффициентов

$$\sigma_{\phi} = K_u \cdot K_{\varepsilon} \cdot p_{0t} \quad (10)$$

где K_u - коэффициент, учитывающий влияние скорости деформации
 K_{ε} - коэффициент, учитывающий влияние степени деформации
 p_{0t} - величина базисного давления при данной температуре прокатки.

Следует считать, что при определении термомеханических

коэффициентов по пирамиде деформации использовались экспериментальные данные по кручению образцов, которые позволили определить значения термомеханических коэффициентов для больших степеней деформации.

При определении коэффициента напряженного состояния, необходимо учитывать, что при планетарной прокатке с 4-х сторонним обжатием заготовки "на ребро" на значительной части пирамиды деформации имеются боковые внешние зоны, которые оказывают существенное влияние на величину среднего давления. Для экспериментального определения влияния боковых внешних зон на стане дуо-160 прокатывались специально изготовленные образцы с боковыми внешними зонами и без них. За величину, характеризующую влияние боковых внешних зон принято отношение F/F_0 где F - площадь сечения всего образца, а

F_0 - площадь сечения обжимаемой части образца.

В результате обработки экспериментальных данных получены зависимости $n_{\Sigma}'' = f(\epsilon/h_{cp})$ при различных значениях величины F/F_0 . Характер кривых дает основание сделать вывод, что при определении суммарного коэффициента боковых и продольных внешних зон можно пользоваться зависимостью Целикова А.И. и Смирнова В.В., вводя в нее коэффициент, учитывающий влияние боковых внешних зон.

Зависимость $n_{бок}'' = f(F/F_0)$ можно представить уравнением

$$n_{бок}'' = 0,6 + 0,4 \frac{\epsilon}{F_0} \quad (II)$$

полученным в результате обработки экспериментальных данных.

Если сделать предположение, что величина коэффициента боковых внешних зон зависит в основном от формы боковых внешних зон, то по этому признаку, боковые внешние зоны можно разбить на группы, в пределах которых $n_{бок}'' = const$. Критерием для составления таких групп может являться угол поворота линии скольжения при выходе последней от контактной на свободную поверхность (φ_n). Используя формулу Прандтля для случая плоской деформации можно по углу поворота линии скольжения определить максимальное значение величины. Тогда для планетарного стана "100"

$$(n_{бок}'')_{max} = \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) \approx 1,79 \quad (12)$$

Экспериментальное исследование величины максимального коэффициента боковых внешних зон подтвердило теоретическую методику определения $(P_{бок})_{max}$.

На основе вышеизложенной методики произведен расчет величины " $P_{ср}$ " и усилия прокатки при различных режимах прокатки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНЕТАРНОГО СТАНА "100"

При исследовании планетарного стана "100" использовались месдозы оригинальной конструкции, разработанные во ВНИИМЕТМАШе. С распределение усилия прокатки в планетарной клетке производилось по двум схемам: замером усилий, действующих непосредственно на консольный рабочий валок и на вал сепаратора.

Особое внимание было уделено замеру температуры в очаге деформации. Конструкция планетарного стана "100" не позволяет провести замер температур обычными оптическими методами, так как зона деформации скрыта дисками сепараторов. Измерение температуры по пирамиде деформации производилось с помощью разработанной схемы с использованием кремниевого фотодиода. Одновременно проводился замер температуры в середине и на поверхности заготовки с помощью термопар, зачеканенных непосредственно в заготовку. Исследования позволили выявить истинный характер распределения температуры по пирамиде деформации.

В работе приводятся типовые осциллограммы полученные при прокатке заготовок из стали 35 при температуре нагрева 1150°C . Аналогичные по характеру осциллограммы получены при прокатке сплава X20H80. Анализ экспериментальных данных позволил установить характер изменения температуры и энергосиловых параметров во всем интервале подач.

Сравнение теоретических и экспериментальных данных по определению энергосиловых параметров показано хорошую сходимость результатов (отклонение не более $10 \pm 15\%$).

В задачу экспериментального исследования входило также определение оптимальных технологических режимов с учетом прочностных свойств стана для прокатки основного сортамента. Таким режимом для сплава X20H80 оказался режим при подаче $S = 0,75$ мм на рабочий валок, что соответствует скорости разливы $1,5$ м/мин при скорости вращения сепараторов 180 об/мин. Температура нагрева заготовок из сплава X20H80 составила $t = 1200^{\circ}\text{C}$. Индуктор между задающей и планетарной клетью не использовался. С исполь-

зованием промежуточного индуктора можно рекомендовать режим прокатки сплава X20H80 при $S = 1,5$ мм/раб.валок и скорости вращения сепараторов 180 об/мин. Такой режим позволит в полной мере использовать возможности УНРС, в линии о которой устанавливается планетарный стан "100" и получить хорошее качество проката.

КАЧЕСТВО МЕТАЛЛА

Планетарный стан "100" является первым полупромшленным вариантом и исследование качества проката полученного на этом стане имеет важное значение. Основное место в сорimente этого стана занимает сплава X20H80. Этот сплав и был выбран за основу при исследованиях. В качестве представителя углеродистой стали была выбрана сталь 35. Заготовками для прокатки служили кованые штанги, сечением 60x70. Принимались следующие деформации:

- для стали 35 - подача $S = 0,25; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5$ мм/ на рабочий валок;

- для сплава X20H80 - подача $S = 0,25; 0,5; 0,75$ мм/ на рабочий валок.

Скорость вращения сепараторов принималась равной $n_c = 40; 80; 120; 150$ об/мин. как показали исследования, макроструктура зоны обжатия плотная без трещин и надрывов. Макроструктура зоны обжатия заготовок из сплава X20H80 после задающей клетки имеет значительные следы литой структуры вследствие продолжительного времени нагрева заготовки перед прокаткой и незначительной деформации в задающей клетки. В зоне обжатия планетарной клетки дендритная структура полностью исчезает, макроструктура прокатанного прутка плотная. Исчезновение литой структуры в зоне обжатия планетарной клетки позволяет сделать вывод, что и при использовании заготовок, полученных с УНРС также будем иметь плотную макроструктуру в зоне обжатия планетарной клетки.

Часто встречающийся дефектом при планетарной прокатке с 4-х сторонним обжатием является образование трещин по углам готового проката. Анализ микрошлифов, взятых из углов готового подката показал, что в данном случае структура поперечного сечения плотная, без трещин и надрывов.

По удельному сопротивлению образцы из проката, полученно-

го на планетарном стане "100" удовлетворяют нормам ГОСТ 12766-67.

По данным металлографических исследований и контролю качества можно сделать вывод, что готовый прокат, полученный на планетарном стане "100" может быть использован для дальнейшей прокатки в чистовой группе.

В работе также рассмотрена связь между конструкцией стана и качеством получаемого металла. Анализ таких технологических параметров как подача металла на рабочий валок - S , скорость вращения сепараторов - n_c , температура прокатываемого металла - $t_{пр}$, а также материал прокатываемого металла позволил выявить связь между конструктивными параметрами планетарного стана, и качеством получаемого проката.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПЛАНЕТАРНОЙ ПРОКАТКИ С 4-х СТОРОННИМ ОБЖАТИЕМ

При использовании процесса совмещенного литья и прокатки с применением планетарного стана с обжатием в двух взаимноперпендикулярных плоскостях значительно уменьшаются потери по переделу, присущие обычным способам получения катанки из прецизионных сплавов. Однако возникают потери, которые в значительной мере снижают эффективность процесса в мелкосерийном производстве. К таким потерям относится технологический недокат, который образуется при окончании процесса прокатки в планетарном стане. Величина технологического недоката для планетарного стана "100" составляет порядка 100 кг. Следовательно, имеется реальная возможность увеличить выход годного и эффективность процесса.

В работе приводятся два варианта использования технологического недоката.

В первом случае используется фальш-заготовка определенной длины из рядовой стали, с помощью которой осуществляется проталкивание технологического недоката в планетарную клеть и его прокатка.

Во втором случае используется самоходная тележка, которая находится на линии прокатки. На тележке смонтирован механизм, который обеспечивает подачу и удержание заготовки, когда последняя выходит из валков подающей клетки.

Увеличение выхода годного за счет использования технологического недоката составит порядка 100 тн в год, что дает дополнительный экономический эффект в размере 40 тыс.руб. в год.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Производство проката из сплавов с особыми физическими свойствами при совмещении непрерывного процесса литья и прокатки является наиболее перспективным и экономичным. Планетарный стан с четырехсторонним обжатием системы Целикова-Носаля в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к прокатному оборудованию таких линий.

2. Исследование качества металла, полученного на планетарном стане "100" показало, что прокат удовлетворяет требованиям ГОСТа и может быть использован для дальнейшей обработки в чистовой группе.

3. Для получения качественного проката конструктивные параметры стана должны отвечать следующим требованиям:

- соотношение между диаметром орбиты сепаратора (диаметром опорного вала) и диаметром рабочих валков должно быть равным $D/d_p = 6,0$.

- число рабочих валков одного сепаратора $Z = 6 - 8$.

4. Процесс деформации при планетарной прокатке с четырехсторонним обжатием имеет ряд особенностей, которые оказывают существенное влияние на течение металла в мгновенном очаге деформации и которые должны учитываться при определении среднего давления. К таким особенностям следует отнести:

- неравномерность деформации по высоте зоны обжатия
- наличие боковых внешних зон на значительном участке пирамиды деформации
- наличие накопленного уширения на участке от плоскости входа до плоскости

5. Теоретические и экспериментальное исследование процесса планетарной прокатки позволило разработать метод определения усилия прокатки на планетарном стане с четырехсторонним обжатием, с учетом неравномерности деформации по высоте и ширине мгновенного очага деформации, величины накопленного уширения и суммарного обжатия, которое получает рассматриваемое сечение пирамиды деформации.

6. При планетарной прокатке с четырехсторонним обжатием происходит значительный разогрев в очаге деформации, величина которого ($100-120^{\circ}\text{C}$) должна быть учтена при определении фактического сопротивления деформации и выборе технологических режимов.

7. Оптимальные технологические режимы с учетом прочности основных узлов стана при прокатке основного сортамента, которые легли в основу цеховой технологической инструкции следующие:

- | | | |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| - для сплава X20H80 | $t = 1200^{\circ}\text{C}$ | $n_c = 180 \text{ об/мин}$ |
| $S = 1,5 \text{ мм/раб.валок}$ | | |
| - для сплава OX27X05A | $t = 1150^{\circ}\text{C}$ | $n_c = 180 \text{ об/мин}$ |
| $S = 1,5 \text{ мм/раб.валок}$ | | |

8. Предложены мероприятия по уменьшению величины технологического недоката с целью увеличения экономической эффективности процесса: оснащение стана устройством для подачи и удержания заготовки в момент выхода последней из задающей клетки.

9. Экономическая эффективность линии составит 750 тыс.руб. в год, а с применением устройства для уменьшения величины технологического недоката экономическая эффективность составит 800 тыс.руб. в год.

Основные положения диссертации доложены на Всесоюзной научно-технической конференции "Теоретические проблемы прокатного производства", состоявшейся в г.Днепропетровске в 1972г. и на научном семинаре кафедры "Машины-автоматы и прокатное производство" МВТУ им. Баумана.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

1. НИКИТИН Г.С., ЖУЧИН В.Н., СВИРИДЕНКО В.Ф. Влияние боковых внешних зон на сопротивление деформации. "Изв.ВУЗов. Машиностроение", № II, 1973.

2. НИКИТИН Г.С., ЖУЧИН В.Н., СВИРИДЕНКО В.Ф. Влияние вне-контактных внешних зон на сопротивление деформации. Сб. "Труды МВТУ" № 176, 1974.

3. НИКИТИН Г.С., СВИРИДЕНКО В.Ф. Течение металла в очаге деформации при планетарной прокатке с четырехсторонним обжатием. "Изв.ВУЗов. Машиностроение", № 12, 1975г..