М292721

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

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

На правах рукописи

ОТКИДАЧ Леонид Георгиевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНОЙ КИСЛОРОДНОЙ БЕСФЛЮСОВОЙ РЕЗКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ ТИПА 18-10

(Специальность 05.04.05. - Технология и машины сварочного производства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

Москва 1976

Работа выполнена в МВТУ им. Н.Э. Баумана

Научные руководители:

Лауреат Государственной премии
кандидат технических наук, доцент Евсеев Г.Б.,
доктор технических наук, доцент Ямпольский В.М.

Научный консультант
кандидат технических наук, доцент Дмитриев В.И.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Фролов В.В.,
кандидат технических наук, доцент Клебанов Ю.Н.

Ведущее предприятие: Всесоюзный Научно-Исследовательский институт Литейного машиностроения

Защита диссертации состоится "___"_____1976 г.
на заседании специализированного Совета_____

Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшего технического училища имени Н.Э. Баумана по адресу:
Москва, Г

Ваш просим
высылать

С ди у
им. Н.Э.

Авто

УЧЕ
док ьский В.М.

М292721

Л-10 вк.1515 Тир.100

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В настоящее время процессы термической резки металлов нашли широкое распространение, в частности, при производстве изделий из нержавеющих сталей различного класса. Широкому распространению термических методов резки способствовало то обстоятельство, что резка нержавеющей стали механическими способами представляет определенные трудности. Существующий способ резки – кислородно-ацетиленовый не представляется возможным вследствие образования тугоплавких окислов на поверхности контакта режущий кислород – разрезаемый металл значительно осложняющих процесс.

В этой связи был разработан и нашел широкое распространение способ кислородно-флюсовой резки. В последнее время успешно внедряется способ плазменной резки, который имеет ряд определенных преимуществ перед кислородно-флюсовым методом резки.

Большой вклад в развитие и совершенствование способов термической резки, создание технологии, а также изучение процессов, протекающих в сварочной ванне, внесли советские исследователи Васильев К.В., Евсеев Г.Б., Ерохин А.А., Спектор О.Ш., Хренов К.К. и др. Указанная область исследований неотделима от работ в области гидроаэродинамики и высокотемпературного окисления металлов, где следует выделить имена таких ученых, как Архаров В.И., Гиневский А.С., Гуляев В.В., Корольков А.М., Котвицкий А.Д., Кочин Н.Е, Слезкин Н.А., Явойский В.И. и др.

Положительное решение вопроса по созданию более простого и, следовательно, более доступного способа термической резки нержавеющей стали позволит ещё шире внедрить данный метод обработки металла также на предприятиях с мелкосерийным производством готовых деталей или заготовок из нержавеющей стали, где применение сложных и дорогостоящих установок (кислородно-флюсовых, плазменных) нецелесообразно с экономической точки зрения.

Целью данной работы явилась разработка способа термической резки нержавеющей стали и ряда других металлов на базе имеющегося оборудования, предназначенного для ацетилено-кислородной резки. Организация импульсного режима истечения газового потока позволила наиболее полно использовать газодинамическое качество струи режущего кислорода, что расширяет область применения кислородного процесса в отсутствие флюсующих материалов.

Методы исследования. Эксперименты, цель которых состояла в

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1292721
Откидач Л.Г. Разработка и

изучении качественной картины взаимодействия комплекса физико-химических, аэро- и гидродинамических процессов, проводились с использованием аппаратуры для скоростной киносъемки, измерения параметров газового потока, термографирования, осциллографирования тепловых и газодинамических параметров процесса, а также с целью проведения химического, микрорентгеноспектрального и металлографического анализов.

Научная новизна. В результате теоретических и экспериментальных исследований раскрыта физическая сущность импульсно-кислородного способа резки нержавеющей стали. Выявлено, что в процессе термической импульсной резки в результате взаимодействия потока газа с расплавленным металлом реакционной зоны в поверхностном слое металла жидкой фазы имеют место волнообразные возмущения. На основании явления волнообразования предложена методика определения оптимального количества режущего кислорода в импульсе, потребного для ведения процесса разделительной резки. Предложена методика тепловых расчетов путем рассмотрения зоны реакции в двух состояниях: в момент окисления и в момент образования жидкой фазы. Представлены основные фазы импульсно-кислородного способа резки нержавеющей стали.

Практическая ценность. Разработаны технология и оборудование для импульсной бесфлюсовой кислородной резки изделий из нержавеющей стали, отличающееся простотой конструкции и не требующее применения флюсующих материалов. Резаки (машинные, ручные), оборудованные специальным устройством, могут быть использованы как для резки нержавеющих сталей (путем перевода струи режущего кислорода в импульсный режим истечения), так и для резки низкоуглеродистых сталей (со стационарной подачей струи режущего кислорода). Изменение режима работы осуществляется без каких-либо конструктивных изменений.

Апробация. Основные положения работы доложены на научном семинаре кафедры, г.Москва, 1975 г. и получили практическое внедрение на з-де "Электросталь" и горнодобывающем предприятии "Беларуськалий", где дали положительный экономический эффект.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и общих выводов по работе. Выполнена на 184 машинописных листах, содержит 59 рисунков, I таблицу и 152 наименования используемых литературных источников.

Глава первая содержит обзор литературы по четырем аспектам:

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

1) дается всесторонний анализ существующим методам термической разделительной резки металлов, на основании которого определяется область распространения рассматриваемого в работе процесса;

2) рассматриваются физико-химические явления на контактной поверхности газ-окислитель - разрезаемый металл;

3) анализируются пути повышения динамического давления струи газа в момент соударения с зоной реакции полости реза;

4) приводится сравнительный анализ скоростей потока газа в стационарном и импульсном режимах истечения на срезе сопла при равных давлениях на входе в сопло.

До последнего времени попытка резать термическими способами металлы, которые не подвергаются обычной кислородной резке с применением в качестве окислителя стационарно истекающую струю режущего кислорода, сводились к удовлетворению известных требований, которые ранее были приемлемы к кислородной резке (это, например, принималось во внимание при создании способа кислородно-флюсовой резки). Обычная кислородно-ацетиленовая резка нержавеющей стали невозможна в силу специфических особенностей, присущих данному типу сталей, вследствие высокого процентного содержания в составе сплава легирующих компонентов.

Данная работа посвящена изысканию других принципов резки нержавеющей стали, в частности, принципа, по которому образование полости реза происходит, преимущественно, на гидродинамической основе. Это - способ импульсной кислородной бесфлюсовой резки, разработанный на кафедре сварки МВТУ им. Баумана.

Как показал литературный анализ, скорость истечения пульсирующего газового потока в $\frac{\pi}{2}$ раз превышает скорость стационарно истекающей струи газа при прочих равных условиях, и для режимов (по времени не превышающих 10^{-3}-10^{-4}сек) может быть вычислена по известным зависимостям, предназначенных для определения скорости истечения стационарного потока

$$W_{г\ имп.} = \frac{\pi}{2} W_{г\ стац.} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2k}{k-1}\cdot\frac{P_1}{\rho_1}\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \quad (I)$$

где $W_{г\ имп.}$ - скорость газового потока в импульсном режиме истечения м/сек;

P_1 - рабочее давление на входе в сопло кгс/см^2;

P_2 - давление среды на срезе сопла кгс/см^2;

ρ_1 – плотность газовой струи на входе в сопло кг/м^3;

k – показатель адиабаты, для кислорода равный I,4.

Следовательно, импульсный режим истечения газа является тем, ранее не использовавшимся (в способах термической газовой резки) резервом, который позволяет при равных условиях со стационарно истекающей струей, получать на срезе сопла большие значения статического и динамического давления.

Таким образом, анализ процесса – прототипа, кислородно-ацетиленовой резки, показал, что он имеет ряд скрытых резервов. Эти резервы могут быть реализованы следующим образом: во-первых, видоизменением режима истечения струи режущего кислорода за счет введения пульсаций давления; во-вторых, гидродинамического удаления тугоплавкой окисной пленки (в отсутствие флюса) путем динамического воздействия импульса газа на предварительно образованную ванну расплавленного металла в зоне реакции.

В связи с поставленной в работе целью определялись следующие задачи:

– исследовать газодинамические параметры пульсирующей газовой струи на различных участках следования режущего кислорода (в коллекторе и на срезе сопла, в полости реза) с целью определения пределов динамического давления и границ частотного диапазона импульсов газа, а также выбор оптимальной конструкции импульсного устройства (пневмопрерывателя, сопла) на основе полученных газодинамических данных;

– экспериментальным и расчетным путем, на основе анализа данных скоростной кино- и фотосъемки процесса резки и гидродинамической обстановки на модели ванны расплавленного металла, показать кинетику гидродинамических явлений в зоне реакции, происходящих под действием струи сжатого газа. На этой основе построить расчетную схему движущейся капли жидкого металла с целью определения оптимального количества режущего кислорода за один импульс.

– исследовать физико-химические явления в зоне реакции с целью построения материального и теплового баланса процесса для определения мощности подогревающего пламени и уточнения границ частотного диапазона подачи импульсов газа.

– исследовать технологические особенности процесса импульсной кислородной бесфлюсовой резки нержавеющей стали и создать оборудование для ручного и машинного способов резки.

Глава вторая посвящена исследованию газодинамических пара-

метров струи режущего кислорода в импульсном и стационарном режимах истечения.

Для выполнения этой работы была разработана специальная пневмоэлектрическая схема. Пневматическая часть схемы включала газовый щит с приборами для регистрации давления и расхода газа, серийный резак, доукомплектованный электро-пневмоклапаном, и ресивер. В электрическую часть схемы входили: генератор импульсов газа, датчик давления, усилитель сигнала, поступающего с датчика давления, и двухлучевой осциллограф типа ЕИ-2. Применение двухлучевого осциллографа позволяло одновременно регистрировать как электрический импульс, поступающий с выхода генератора импульсов, так и сигнал, получаемый после преобразования датчиком давления газового импульса на срезе сопла. Схема генератора импульсов предусматривала подачу электрических сигналов для открытия электропневмоклапана с частотой $f = 0{,}5\text{–}5{,}0$ Гц. Для замера динамического и статического давлений импульсно истекающей струи газа в указанном диапазоне частот использовались потенциометрические датчики мембранного типа. Схема двухлучевой регистрации позволяла определить не только характер поведения кривых, но и время сдвига (время запаздывания) импульса газа относительно электрического сигнала, подаваемого на электро-пневмоклапан. Время сдвига, определенное по этой методике, составило 20 мсек. Замеры динамического давления в режиме стационарного и импульсного истечения газа на срезе сопла и на фиксированных расстояниях от среза сопла, в том числе на расстояниях, превышающих толщину разрезаемого металла, показали, что при одних и тех же технологических параметрах динамическое давление импульсно истекающей струи превышает в 1,5–2,0 раза динамическое давление стационарной струи газа. Исходя из того обстоятельства, что на импульс газа "возложены" различные функции, а именно, по удалению и окислению металла реакционной зоны, осуществляли экспериментальную проверку различных типов сопел, играющих основную роль в процессе формирования струи газа. Было установлено, что требованиям импульсно истекающей струи газа в наибольшей степени отвечают конструкции конически-сужающихся сопел.

Проведенные газодинамические исследования показали рациональность перевода стационарного истечения газового потока в импульсный режим с целью использования данного вида струйного течения для преобразования динамического напора струи режущего кислорода в гидродинамические явления на поверхности ванны расплав-

ленного металла.

Глава третья посвящена исследованию гидродинамических явлений в жидкой ванне расплавленного металла под действием импульса газа.

Теоретическое представление гидродинамических и тепловых явлений, происходящих в зоне реакции разрезаемого металла в результате совместно действующих факторов – теплового и газодинамического невозможно без достаточно полного представления физической картины описываемого процесса. Т.к. физико-химические явления протекают в практически замкнутом объеме, проводился ряд экспериментов (фоторегистрация, химический анализ и термографирование) с целью получения наиболее полной информации о кинетике процесса на основании комплексного рассмотрения полученных данных. В общем виде процесс импульсной бесфлюсовой кислородной резки заключается в том, что в зону реакции полости реза вместе с подогревающим пламенем (действующим непрерывно) подаются импульсы режущего кислорода (длительностью порядка 60-100 мсек), последние оказывают аэродинамическое давление на ванну расплавленного металла, частично удаляют её из разреза вместе с тугоплавкой окисной пленкой, тем самым обеспечивая возможность прерывистого окисления металла при непрерывной резке. В прерывистой подаче режущего кислорода состоит главное отличие данного способа резки от применявшихся до сих пор методов резки.

Проведенная фоторегистрация процесса резки(с использованием камеры СКС-I, 4000 кадров/сек) позволила выявить следующую последовательность физико-химических явлений:

первая стадия – образование ванны (капли) расплавленного металла; вторая стадия – удаление части жидкой ванны под действием импульса газа и в заключительной стадии – химическая реакция окисления в оставшейся части ванны. При рассмотрении фоторегистрационных данных можно отметить, что, во-первых, химическая реакция окисления в полости реза наступает только после удаления капли расплавленного металла за её пределы, со сдвигом по времени $2,5 \cdot 10^{-3}$ сек, во-вторых, основная масса металла удаляется из полости реза в жидком состоянии, и вне полости реза происходит её постепенное догорание в результате распада капель.

Следовательно, под действием импульса газа механизм окисления (данного способа резки) становится возможным не за счет срыва окисной пленки в поверхности контакта режущего кислорода с разрезаемым металлом, а за счет удаления части ванны с находящейся

на внешней поверхности окисной пленкой. Не подлежит сомнению, что удаление продуктов реакции с поверхности металла, не доведенного до жидкого состояния, не представляется возможным из-за сил молекулярного сцепления, проявляющихся в месте перехода расплавленного металла в окисел. Т.к. первая стадия импульсного процесса осуществляется преимущественно на гидродинамической основе, необходимым явилось выяснение того обстоятельства, каким образом, под действием импульса газа происходят деформационные явления в ванне расплавленного металла и осуществляется сдвиг капли жидкого металла в полости реза. Литературные данные по этому вопросу позволяют сделать предварительный вывод о возможности волнообразного поведения жидкой прослойки металла под действием возмущающего фактора. Работами Стокса, Басвета, Сретенского, Кочина, Капицы и др. доказано образование на поверхности вязкой жидкости т.н. предельных волн с углом раскрытия 120^{0}. Однако вопросы волнообразования на поверхности ванны расплавленного металла при металлургических и сварочных процессах не освещены. Проведенные эксперименты, в частности, данные фотосъемки и характер распределения статического давления на модели полости реза, подтвердили волнообразование на поверхности раздела. По замерам статического давления на модели, имитировавшей полость реза в реальных условиях, и показавшим на волнообразное распределение давления можно сделать предположение, что максимальному значению статического давления газа соответствуют впадины, а минимальному значению амплитуды давления – максимальная амплитуда волны в жидкой ванне.

Процесс волнообразования в жидкой прослойке может быть представлен следующим образом. При прохождении импульса газа вдоль торцевой поверхности полости реза происходит падение давления в струе газа, в общем случае, от верхней к нижней кромке разрезаемого металла. Вследствие этого статическое давление над верхней частью поверхности ванны (вне зависимости от пространственного положения ванны) оказывается большим и жидкий металл перетекает из зоны повышенного давления в область с пониженным давлением, которая совпадает с нижним краем разрезаемого металла. В данном процессе вследствие импульсной подачи газа происходит образование волны сжатия в переднем фронте "порции" газа и, таким образом, при общей тенденции к понижению давления вдоль оси струи имеет место локальное повышение давления на поверхности расплава. Перемещающаяся волна сжатия вызывает возмущения в ванне в

месте контакта газ – жидкий металл, но т.к. последняя ограничена с трех сторон стенками металла, находящегося в твердой фазе, то деформационные явления с образованием волны возникают на свободной поверхности ванны впереди перемещающейся волны сжатия. Окисная пленка, находящаяся на поверхности ванны, не может препятствовать возникновению возмущений, т.к. её толщина составляет примерно 5000 Å и находится во "взвешенном" состоянии (на жидкой подложке). Зарождающаяся в расплаве волна перемещается от верхнего до нижнего края разрезаемого металла (в случае резки больших толщин можно ожидать образования нескольких волн) и отрываясь в конце нижней кромки, удаляется из полости реза.

Из кинетики импульсного способа резки следует, что образование полости реза происходит, главным образом, на гидродинамической основе, поэтому расчет потребного количества режущего кислорода производим с учетом данного явления.

Модель волны (после начальной деформации) можно представить в виде равносторонней треугольной призмы с углом раскрытия при вершине равным 120^0 (рис. I.). Уравнения сил и моментов составляем с учетом того положения, что под действием ударной нагрузки (импульса газа) вязкая жидкость ведет себя как твердое тело. В результате решения дифференциального уравнения движения волны (капли) жидкого металла получаем окончательную формулу для определения времени действия силового фактора, необходимого для полного удаления расплава из полости реза

$$t = \frac{1}{\sqrt{\frac{\sigma}{0{,}58^2 \cdot 8 \cdot x \cdot S \cdot \rho_к}}} \times$$

$$\times \operatorname{arc\,Sin} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\sigma \cdot x}{0{,}58 \cdot g \cdot S \cdot \rho_к + \rho_г \sqrt{0{,}58 \cdot x \cdot S \frac{\rho_г \cdot W_г^2}{2}}}\right)^2} \quad \text{(сек)} \qquad (2)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения дн/см;

B – ширина реза мм;

X – протяженность ванны (толщина образца) мм;

S – толщина жидкой прослойки до деформации мм;

$\rho_к$ – плотность жидкого металла (капли) $\frac{кг\,сек^2}{м^4}$;

$\rho_г$ – плотность газовой струи на срезе сопла $\frac{кг\,сек^2}{м^4}$;

$W_г$ – скорость истечения газовой струи в импульсном

режиме м/сек;

φ – коэффициент аэродинамического сопротивления.

Время действия силового фактора, определенное по этой методике, составило $1{,}8.10^{-3}$ сек (по данным скоростной киносъемки – $2{,}5.10^{-3}$ сек). Зная исходные параметры: давление режущего кислорода на входе в сопло, время истечения режущего кислорода и необходимые конструктивные размера сопла, получаем возможность определения оптимального расхода режущего кислорода в импульсе.

Таким образом, на основе законов гидро- и газодинамики можно назначить обоснованный расход режущего кислорода, вместе с тем, полученная величина времени (по формуле 2.) подтверждает ударный характер процесса.

Глава четвертая посвящена исследованию физико-химических процессов в реакционной зоне при импульсной кислородной резке нержавеющей стали.

Комплексное рассмотрение различных по своей природе явлений, участвующих в механизме образования полости реза, на основании изучения данных скоростной киносъемки, химического анализа компонентов сплава и продуктов реакции, а также термометрии зоны реакции позволило определить цепь последовательных событий и построить условную диаграмму импульсного процесса. Было установлено, что на первой стадии под действием теплового фактора образуется ванна расплавленного металла. На второй стадии под действием импульса газа происходит удаление большей части ванны жидкого металла, а именно, около 2/3 объема (за время, примерно $2{,}0.10^{-3}$ сек). На третьей стадии происходит окисление (горение) остающейся 1/3 ванны (продолжительность – $7{,}0.10^{-3}$ сек). Поскольку эта часть расплава, переходя в окисел, уже не подвергается удалению из полости реза в настоящий момент времени, она становится составной частью следующего объема ванны. В четвертой, заключительной стадии, тепло термохимической реакции окисления и подогревающего пламени идет на образование следующего объема ванны жидкого металла и т.д. При очередном газодинамическом воздействии, от вновь образованного объема ванны отделяются, соответственно, 2/3 ванны с находящейся на внешней стороне пленкой окиси хрома Cr_2O_3, оставшейся от предыдущего момента времени. Поскольку в заключительной фазе цикла в результате совместного действия тепловых потоков, образовалась "новая" прослойка жидкого металла, то стадии

процесса следуют без перерывов, чем и обуславливается непрерывность процесса резки.

Рассмотренная диаграмма стадийности послужила основанием для построения материального и теплового баланса. Тепло, поступающее с подогревающим пламенем, определяли по уже известным методикам, характерным для стационарной кислородной резки. Следуя диаграмме стадийности, определение тепловых потоков производили отдельно по стадиям (расплавления и окисления). Определение объема металла в стадии расплавления - G_2 (рис.2)

$$G_2 = \frac{\frac{1}{2} G_1 \cdot S_1 + \frac{2}{3} R_3 \cdot K_1}{S_2 (1 + K_2)} \text{ ; (г/сек)} \qquad (3)$$

Определение объема металла полости реза в стадии окисления - G_1 (рис. 3)

$$G_1 = \frac{1}{3} \frac{R_2 - R_2 \cdot K_1 - R_6}{S_1} \text{ ; (г/сек)} \qquad (4)$$

где G_1 и G_2 - определяемые объемы; S_1 и S_2 - теплосодержание, определяемое на основании термографирования; K_1 и K_2 - коэффициенты потерь тепла за счет излучения и теплопроводности; R_2; R_3 ; R_6 - тепловые потоки, определяемые с учетом тепла подогревающего пламени и экзотермической реакции окисления. Зная плотность жидкой стали и окислов (7,0; 5,0 г/см^3), находили объемы рассматриваемых слоев, которые в сумме указывают величину, подлежащую удалению из полости реза за один импульс газа. Определив на основании этого время образования ванны расплавленного металла, в зависимости от толщины разрезаемого металла, можно установить частоту следования импульсов газа. Необходимо отметить, что частота следования импульсов газа через сопла промышленной конструкции, определенная на основании тепловых расчетов, применительно к толщинам разрезаемого металла до 30 мм.

В главе пятой приводятся технологические параметры и элементы конструкции для импульсной резки нержавеющей стали.

Результатами проведенных исследований явилось установление аналитической связи между газодинамическими, тепловыми и конструктивными параметрами оборудования для импульсной кислородной резки нержавеющей стали. Резка осуществима во всех пространственных положениях. Наиболее целесообразным представляется применение данного способа обработки металла при поверхностной и

и разделительной резке изделий из нержавеющей стали и чугуна.

Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований прошли проверку в производственных условиях при выполнении работ по резке скрапа из стали типа I8–I0 и обрезке литниковых систем в условиях завода "Электросталь" и в условиях горнодобывающего комбината "Беларуськалий" по раскрою листовой нержавеющей стали. Результаты применения импульсного способа резки подтвердили надежность разработанного оборудования и выявили положительный экономический эффект в размере 20 тыс. руб. в год.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Импульсная подача режущего кислорода приводит к резким перепадам давлений (0,4–6,5 кгс/см^2) в активной зоне полости реза, что в отличие от стационарного режима истечения позволяет осуществить процесс резки высоколегированной стали (в том числе – нержавеющей стали типа I8–I0), чугуна и алюминия, резка которых в условиях подачи режущего кислорода с постоянными параметрами по давлению не осуществима без одновременной подачи флюсующих материалов.

2. Исследование процесса импульсной кислородной резки показало, что он может быть представлен чередующимися фазами, позволяющими построить расчетную модель процесса.
На основе установленной стадийности фазовых превращений разработана методика теплового баланса с учетом экзотермической реакции окисления.

3. Установлено, что механизм явлений, происходящих в зоне реакции при импульсной резке металлов, образующих на поверхности контакта с окислительной средой тугоплавкую окисную пленку, имеет гидродинамическую природу и основан на сдвиге слоев ванны расплавленного металла с находящейся в поверхностном слое окисной пленкой, и отличается от общепринятого взгляда на данное явление, согласно которому происходит срыв окисной пленки с поверхности жидкой ванны.

4. На основе гидродинамического моделирования и данных скоростной киносъемки установлено, что образование полости реза происходит в результате дискретного удаления части жидкой прослойки, которая под действием возмущающего фактора – импульса газа – деформируется, принимая волнообразную форму. Попереч-

ное сечение волны (мидель) создает аэродинамическое сопротивление на пути распространения импульса газа, ограниченного стенками нерасплавленного металла. Под действием аэродинамической силы волна, находящаяся на жидкой подложке, сдвигается вплоть до полного удаления из полости реза.

5. Стендовые газодинамические испытания показали, что импульсному режиму истечения в наибольшей степени отвечают коническисужающиеся сопла, позволяющие получить струю газа с максимальным недорасширением газового потока на срезе сопла и на начальном участке разрезаемого металла, с целью ударного воздействия на жидкую пленку разрезаемого металла активной зоны.

6. Для резки тонколистового металла (менее 10 мм) на основе газодинамического моделирования разработана конструкция двухструйного сопла, которая позволяет производить резку тонких листов с малой шириной реза.

7. На основе моделирования газодинамического процесса расчитаны основные параметры импульсной системы циклической подачи газа (частота подачи, давление газа на входе в сопло, скорость резки) для металла различной толщины в пределах от 5 до 30 мм. Экспериментальная проверка подтвердила полученные теоретические зависимости, что может свидетельствовать о правилности выбранной модели.

8. Результаты проведенных исследований использованы для создания конструкций машинного и ручного резаков, обеспечивающих импульсную кислородную резку нержавеющей стали и чугуна толщиной до 30 мм.

9. Технико-экономические показатели разработанного процесса позволяют широко рекомендовать его для применения на машиностроительных предприятиях с относительно небольшим объемом газорезательных работ (до 5% от общего объема выпускаемых изделий из нержавеющей стали). Промышленное внедрение импульсно-кислородного спооба резки на заводе "Электросталь" и на горнодобывающем комбинате производственного объединения "Беларуськалий" дало положительный экономический эффект порядка 20 тыс. руб. в год.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Откидач Л.Г., Полевой Г.В., Рожков Б.И. О бесфлюсовой резке нержавеющей стали. "Сварочное производство", 1974, №7.

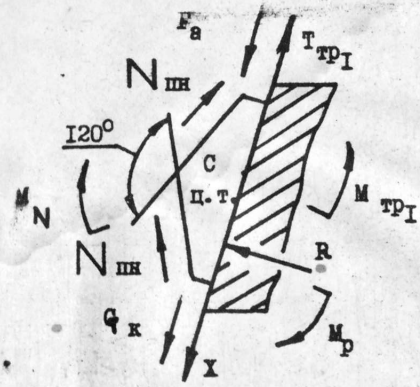
2. Откидач Л.Г., Полевой Г.В. К вопросу о механизме разрушения системы окисная пленка – жидкий металл при бесфлюсовой кислородной резке. Сб. "Технология, экономика и организация производства химического и нефтяного машиностроения", ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1975, №1.

3. Откидач Л.Г. Исследование процесса импульсной кислородной бесфлюсовой резки нержавеющей стали типа 18–8 и чугуна. Материалы Республиканской Научно-технической конференции по сварке, Могилев, октябрь, 1975 г.

4. Откидач Л.Г., Дмитриев В.И. Исследование динамических процессов в полости реза при импульсной кислородной резке металлов. "Известия вузов. Машиностроение", 1975, №11.

5. Откидач Л.Г. Кинетика термохимического процесса при импульсной кислородной резке нержавеющей стали. Тезисы докладов на XXVII итоговом совещании по производственным и научно-исследовательским работам в области сварки, выполненным в 1975 г. "Судостроение", Ленинград, апрель, 1976 г.

6. Откидач Л.Г. и др. Авторское свидетельство. Способ кислородно-флюсовой резки. №478694, 1975, №28.



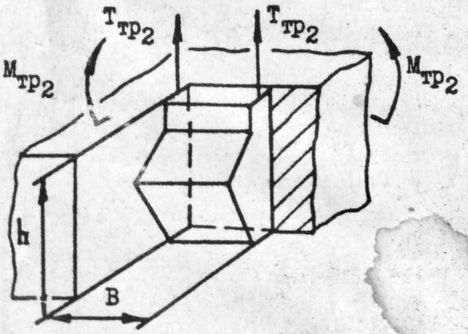


Рис. I. Расчетная схема и волнообразная модель движения прослойки расплавленного металла в полости реза

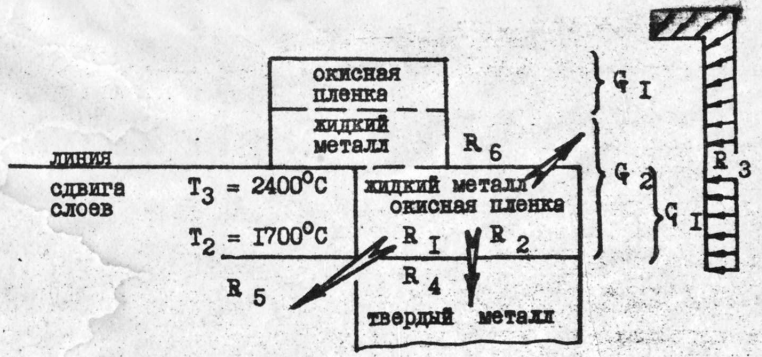


Рис. 3. Определение объема жидкой ванны - G_I в момент подачи импульса режущего кислорода

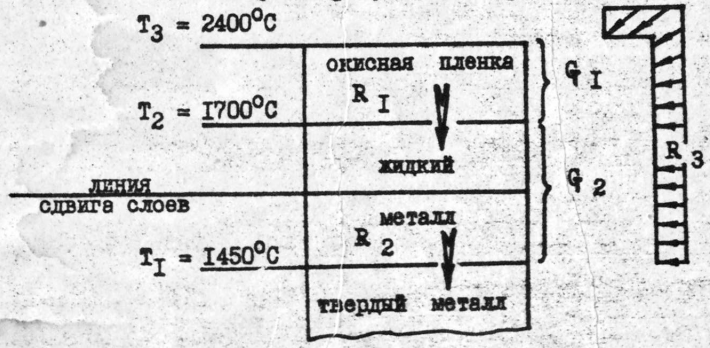


Рис. 2. Определение объема жидкой ванны - G_2 в момент паузы в подаче режущего кислорода