

М22 8532

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

ПАРХИМОВИЧ Эдуард Михайлович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА
КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ
ГОРЯЧЕКАТАННЫХ СТАЛЕЙ
С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

(05.04.05 — «Технология и машины сварочного
производства»)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1974

Министерство высшего и среднего специального образования С С С Р

М о с к о в с к о е
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

ПАРХИМОВИЧ Эдуард Михайлович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА
КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ
СТАЛЕЙ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КСЛЕБАНИЙ

(Специальность 05.04.05 - Технология и машины
сварочного производства)

Диссертация написана на русском языке

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

Москва

1974

17228532

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1228532

Пархимович Э.М. Исследования

Работа выполнена в Могилёвском машиностроительном институте.
Научный руководитель -
кандидат технических наук, доцент Д.А.РОГОВИН
Научный консультант -
кандидат технических наук, доцент Д.М.ШАШИН

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, и.о.профессора В.И.ЛОЩИЛОВ
кандидат технических наук В.Н.ШАВЫРИН

Ведущее предприятие - Могилёвский автозавод им.С.М.Кирова.

Автореферат разослан " 25 " апреля 1974 г.

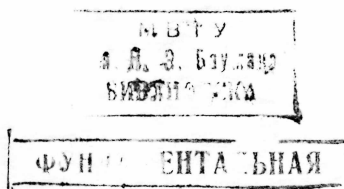
Защита состоится _____ 1974 г.

на заседании Совета
Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени высшего технического училища им. Н.Э.Баумана
по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы в 2-х экз., заверенные печатью, просьба
высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Училища.

Учёный секретарь Совета



ВВЕДЕНИЕ

Одним из прогрессивных процессов, позволяющих повысить производительность, улучшить условия труда и культуру производства, при изготовлении различных массовых металлоконструкций, является контактная точечная сварка.

Большим препятствием для широкого применения точечной сварки является то, что устойчивые результаты по качеству сварного соединения возможны только при сварке холоднокатанного и горячекатанного металла с предварительной механической или химической очисткой от окалин.

Применение различных методов зачистки поверхности горячекатанного металла связано со значительными трудозатратами, иногда большими, чем трудозатраты на сварку. Кроме того, возможность отказа от холоднокатанного проката позволяет снизить стоимость металлоконструкций.

Среди всех существующих способов воздействия на качество процесса обработки металлов большое распространение находят ультразвуковые колебания (УЗК). Опыт, накопленный в металлургии и других областях промышленности, показал, что УЗК способствуют интенсификации тех или иных технологических процессов (зачистка, пластическая деформация, кристаллизация расплавов и т.п.). Несмотря на то, что имеется целый ряд работ, свидетельствующих о положительном влиянии УЗК на процессы сварки, контактная точечная сварка с наложением ультразвука не получила широкого применения. Причиной этого является отсутствие теоретических и экспериментальных исследований данного процесса. Решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и выводов.

ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрены и проанализированы физико-химические свойства окалины и показано, что окалина в процессе точечной сварки вызывает различные дефекты (выплески, газовые поры, раковины, несплошности и т.д.).

Для предупреждения образования дефектов и общего повышения

качества сварных точечных соединений необходимо стремиться к разрушению окалины, её вытеснению как в твёрдом, так и в расплавленном состоянии, а также к тому, чтобы структура металла точки была мелкозернистой.

Из анализа условий эксплуатации соединений, особенностей процесса сварки таких сталей были выявлены основные требования к процессу. Процессом должно обеспечиваться:

- разрушение окалины в зоне контакта,
- вытеснение окалины из зоны соединения,
- плавление металла с образованием литого ядра точки,
- формирование соединения под действием давления.

Вопросу точечной сварки горячекатаных сталей посвящены работы А.С.Гельмана, Ф.И.Кислюка, В.И.Терещенко, И.И.Назаренко, М.В.Ногина, Ю.Д.Яворского, В.М.Шахарова и др. На основе литературного обзора было установлено, что в настоящее время существует ряд направлений точечной сварки горячекатаных сталей, рекомендуемых различными авторами, каждый из которых позволяет реализовать лишь отдельные требования. Это способы: с предварительной подготовкой поверхности, с программированием сварочного тока и давления, с применением грунтово-раскислителей, с импульсным пробоём окалины и др. Рассмотренные способы не находят широкого практического применения в силу присущих им недостатков: низкая стабильность, снижение производительности, недостаточное качество сварных соединений или затруднения в обеспечении безопасных условий труда.

Анализ теоретических и экспериментальных работ советских учёных: Г.А.Николаева, А.В.Мордвинцевой, Н.А.Ольшанского, В.И.Ложилова, В.И.Северденко, Е.Г.Коновалова, А.А.Рассошинского, Ю.В.Холопова и других показывает, что наложение ультразвуковых колебаний может вызвать интенсификацию процессов соединения металлов, разрушения и пластического деформирования материалов, металлов и сварных соединений. Ряд эффектов, возникающих при таких комбинированных технологических процессах, достаточно изучены. Например, процесс кристаллизации при воздействии УЗК, "акустическое разупрочнение" металла под действием давления и УЗК, последующее "акустическое упрочнение" после снятия УЗК. Однако,

имеющиеся данные относятся к области сварки плавлением, литья, обработки давлением и ультразвуковой сварки. Сведения о проявлении этих эффектов в процессе контактной сварки практически отсутствуют, хотя отдельные исследователи указывают на возможность положительного влияния УЗК на процесс контактной точечной сварки (Г.А.Николаев, Н.А.Ольшанский, А.Крауфорд). Учитывая, что точечная контактная сварка горячекатаных сталей представляет собой комплекс ряда физических явлений и процессов, нами на основе предварительных экспериментов было выдвинуто предположение, что наложение ультразвука должно обеспечить интенсивное разрушение окалины, вытеснение её из зоны контакта, улучшения формирования соединения повышения стабильности процесса. Поэтому научный и практический интерес представляет исследование и разработка комбинированного процесса точечной контактной сварки горячекатаных сталей с наложением ультразвуковых колебаний.

В связи с изложенным, основными задачами работы являлись:

- анализ исходного состояния свариваемых деталей и возможных способов точечной сварки горячекатанной стали;
- общая оценка возможностей применения УЗК при контактной точечной сварке;
- разработка устройств для введения УЗК при точечной сварке;
- исследование параметров режима точечной сварки с наложением ультразвука методом математического планирования эксперимента;
- экспериментальная проверка возможности воздействия УЗК на контактное сопротивление горячекатаных сталей;
- исследование механизма формирования сварного соединения;
- теоретическое и экспериментальное исследование механизма возникновения дефектов в точке, их подавление за счёт УЗК;
- исследование механических свойств сварных соединений;
- доведение результатов исследования до производственного применения.

ГЛАВА II. ОБОРУДОВАНИЕ, АППАРАТУРА, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования контактной точечной сварки

с наложением ультразвуковых колебаний проводились на специальной сварочной установке, в состав которой входили: точечная машина МТП-300, ультразвуковой генератор УЗГ-10, магнитострикционный преобразователь типа ПМС и устройства локального введения УЗК в сварную точку.

Сварка образцов производилась на экспериментальной установке с применением магнитострикционного преобразователя мощностью 2,5 кВт и резонансной частотой 19,5 кГц.

Опыты проводились на малоуглеродистой горячекатанной стали марки ВСт.3 толщиной 4-6 мм в состоянии поставки.

Процесс формирования соединений изучался с помощью физического моделирования, скоростной киносъемки (кинокамера СКС-1М) с осциллографированием сварочного тока, напряжения на электродах и параметров УЗК (амплитуды и частоты).

Характер разрушения и вытеснения окалины из зоны точки под действием УЗК и контактного давления изучался на натурных образцах и физических моделях из орготекла.

Выводы об эффективности применения УЗК делались методом сравнения с обычной точечной сваркой на основе макро-, микро-структурного и рентгеноструктурного анализа, по результатам исследования статической и усталостной прочности, плотности металла сварной точки, спектрального анализа содержания углерода в литом ядре точки и др.

Рентгеноструктурный анализ металла с целью выявления параметров кристаллической решетки и остаточных микронапряжений проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-1.

Оптимальные режимы сварки с наложением УЗК определялись методом многофакторного регрессионного анализа на ЭЦМ "Наири-2".

ГЛАВА III. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВАРКИ

Первая часть главы посвящена выбору оптимальных режимов сварки методом многофакторного регрессионного анализа. В качестве варьируемых факторов были выбраны основные параметры режима сварки: X_1 - время сварки; X_2 - удельное давление на электродах; X_3 - амплитуда УЗК; X_4 - сварочный ток. За уровень факторов был принят признак прочности - усилие точки на срез при растяжении.

Граничные условия известных параметров (время сварки, удельное давление, сварочный ток) принимали по существующим методикам. Граничные условия амплитуды колебаний принимали априорно, с учетом возможностей акустического узла. После реализации полной матрицы планирования на 16 опытах ($N = 2^4 = 16$) было получено следующее уравнение регрессии для свариваемого металла толщиной 4 + 4 мм:

$$\hat{Y} = 8,808125X_0 + [203,125X_1 - 1,875X_2 - 30,625X_3 + 219,375X_4 - 39,375X_1X_2 - 25,625X_1X_3 - 48,125X_2X_3 - 0,625X_4X_1 + 14,375X_2X_4 + 60,625X_3X_4 + 69,375X_1X_2X_3 + 61,875X_1X_2X_4 + 15,625X_1X_3X_4 - 6,875X_2X_3X_4 + 70,625X_1X_2X_3X_4] \cdot 10^{-3}$$

Коэффициенты в уравнении регрессии считались статистически значимыми, если их абсолютные значения равны или не превосходят величину доверительных интервалов. В связи с этим уравнение регрессии в упрощенном виде имело следующую форму:

$$\hat{Y}^* = 8,808125X_0 + [203,125X_1 - 30,625X_3 + 219,375X_4 - 25,625X_1X_3 + 60,625X_3X_4] \cdot 10^{-3}$$

Анализ уравнений выявляет наибольший вклад факторов X_1 , X_3 , X_4 (время сварки, амплитуда УЗК и сварочный ток) на прочность соединения. Методом прогонки уравнения регрессии на ЭЦМ с шагом 0,05 по всем исследуемым факторам установлено, что оптимальному режиму сварки соответствует совокупность всех факторов на следующем уровне:

$t_{\text{св.}} = 2,1$ сек; $p_{\text{св.}} = 6,4$ кГ/мм²; $A = 14$ мкм; $I_{\text{св.}} = 27000$ а

Соответствие уравнения регрессии реальному процессу оценивалось по критерию Фишера. Ошибка предсказанного по уравнению регрессии значения $\hat{Y}^*$ — усилия точки на срез — составила не более 5 %. Однако, в производственных условиях могут наблюдаться отклонения режимов от оптимальных, которые могут быть вызваны различными причинами (падение давления в системе, падение напряжения в сети и т.д.). В связи с этим необходимо было определить области каждого параметра, при которых будут наблюдаться минимальные отклонения показателя прочности. Проведенные исследования и их статистический анализ показали на высокую технологическую надежность разработанного процесса, так как изменения основных параметров сварки в выявленных областях существенно не влияют на по-

казатель прочности.

Во второй части главы приводятся исследования контактирования деталей под действием УЗК и изучения физики процесса возникновения выплесков при сварке горячекатанных сталей.

При точечной сварке с наложением УЗК процесс сварки может быть многогранным. В начальный момент, когда нарастает удельное давление на электродах упругие ультразвуковые колебания, создаваемые в зоне контактирования деталей и электродов, вызывают силы трения. Их нормальные и тангенциальные составляющие разрушают окалину и под действием возникших в деталях поперечных вибраций вытесняют её из зоны соединения. Физическое моделирование на образцах из оргстекла с промежуточным пластичным материалом, профилографирование поверхности, макро- и микроструктурные исследования дают основания считать, что окисная плёнка разрушается, а затем под действием начального импульса тока, давления и поперечной ультразвуковой волны интенсивно вытесняется из зоны сварки. Разрушение и последующее вытеснение пленки положительно способствует предотвращению выплесков и уплотнению ядра точки.

Проведенный анализ возникновения выплесков показывает, что основным методом снижения вероятности их появления может быть уменьшение величины тока, проходящего через микроконтакты. Это может быть осуществлено за счёт увеличения количества микроконтактов в месте соприкосновения свариваемых деталей между собой и с электродами. Указанное увеличение количества микроконтактов и их площади происходит при воздействии продольной ультразвуковой волны, о чём можно судить по профилограммам поверхности контакта после обработки УЗК и давлением (поверхность сглаживается и количество микроконтактов возрастает), характеру изменения контактного сопротивления (сопротивление уменьшается в 3-10 раз по сравнению с сопротивлением поверхностей, обработанных только давлением) и микрофотографиям зон контактирования.

В третьей части главы приводятся сравнительные исследования формирования сварного соединения методами металлографического изучения шлифов и окоростной киносъёмки. Сравнивался процесс формирования точки при обычном способе контактной сварки и способе точечной сварки с наложением УЗК. Для исследований применялись образцы с окалиной и после механической зачистки. Об-

разцы сваривались с различным временем сварки и из них вырезались макрошлифы. По результатам макроструктурных исследований было установлено, что площадь соединения при сварке горячекатаных сталей в состоянии поставки без УЗК небольшая. При вводе ультразвука площадь соединения увеличивается и приближается к площади соединения при сварке защищенных сталей. Эффективность влияния УЗК на рост площади литого ядра в среднем составляет 18,3 %. Это увеличение происходит за счёт интенсификации процесса вытеснения окалины и увеличения пластической деформации металла. Эти же закономерности были выявлены при скоростной киносъёмке процесса сварки. По кинограммам хорошо прослеживается образование отдельных микроконтактов, зон плавления их рост и слияние в общую зону литого ядра точки. При сварке без УЗК формирование соединения сопровождается выплесками, литое ядро растёт не равномерно, его геометрическая форма в процессе роста искажена.

Проведенный сравнительный анализ кривых мгновенных значений тока, напряжения, мощности, выделяемых на участке "электрод-деталь-электрод" показывает, что при точечной сварке с наложением ультразвука снижается электрическая мощность, расходуемая на образование сварного соединения. Это позволяет предположить, что введение колебаний в зону формирования соединения, снижает энергетические показатели процесса сварки.

Анализ металлургических процессов, протекающих в расплавленном металле литого ядра точки при наличии окалины показывает, что наиболее вероятной из всех реакций является реакция окисления углерода, в результате которой выделяется газообразный продукт — окись углерода, нерастворимый в жидком металле. В связи с этим в данном разделе ставится задача количественного и качественного выяснения характера окисления углерода, как наиболее активного элемента в малоуглеродистой стали при высоких температурах. Правильность такого подхода подтверждает весьма низкая вероятность образования пор при сварке защищенных образцов. При прохождении тока через контакт и выделения тепла в плоскости соприкосновения образцов, слой окислов имеющийся на поверхности металла начинает растворяться в твёрдом, а затем в жидком металле. Растворимость кислорода в жидком металле зависит от темпера-

туры и может быть определена методом термодинамических расчётов. Проведенные расчёты по методике Ростовцева С.Т. и Погодина-Алексеева Г.И. показывают, что максимальная растворимость кислорода в жидком металле при температуре кристаллизации металла точки равна 0,165 % и при средней температуре плавления литого ядра точки - 0,97 %. В связи с тем, что рассчитанные концентрации являются предельными, необходимо было решить, могут ли они практически достигать приведенных выше значений. Это возможно было сделать при некоторых допущениях:

- весь кислород из окисной плёнки переходит в жидкий металл;
- слой окалины содержит 74 % железа и 23 % кислорода;
- начальное содержание кислорода в стали составляет 0,05 %.

Проведенный анализ на основе обмера шлифов показывает, что в жидком металле точки раствориться значительная часть окалины, если она не будет вытеснена из зоны контакта. Задаваясь концентрациями углерода, которые имеют место в свариваемой стали и учитывая, что в жидком металле могут быть концентрации кислорода от 0,05 % до предела растворимости, методом термодинамических расчётов определено давление СО в газовых пустотах в внутри точки при температуре кристаллизации и средней температуре жидкого металла. Результаты расчёта приведены в виде графических зависимостей, которые показывают, что внутри металла точки образуется окись углерода, развивающая высокие давления в пустотах и порах. Металлографические исследования сварных соединений показывают, что поры имеют правильную сферическую форму с уплотнённой внутренней поверхностью. Измерение микротвёрдости и спектральный локальный анализ на углерод в металле точки прилежащем к поре показывают, что твёрдость и содержание углерода на данном участке возрастает за счёт процесса, близкого к газовой цементации. При воздействии УЗК на процесс сварки количество пор и пустот уменьшается, что также подтверждается измерениями плотности металла точки и спектральными исследованиями сварных соединений. Это говорит о том, что окалина в расплавленном состоянии вытесняется в околоточечную зону, предотвращая реакцию окисления углерода.

ГЛАВА IV. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО ПРОЦЕССА

Основным критерием, характеризующим в итоге качество сварного соединения является его прочность при статических и динамических нагрузках. В связи с этим первая и вторая часть этой главы посвящены данному вопросу. Статистическая оценка результатов статических испытаний трёх партий образцов, одна из которых сваривалась с УЗК, другая – без УЗК, третья – без УЗК после механической очистки от окалины, позволили построить гистограммы и графики функциональной плотности распределения $\varphi(p)$ признака прочности для рассматриваемых способов точечной сварки горячекатаных сталей. Данные зависимости качественно подтверждают тот факт, что УЗК способствуют увеличению признака прочности (по среднему значению) на 10 % и уменьшают разброс показателей прочности в два раза, что приближается к показателям статической прочности зачищенных сталей.

Исследования усталостной прочности соединений выполненных из горячекатаных сталей с наложением УЗК и без УЗК, производилось на одноточечных образцах с рабочими точками. По результатам испытаний построены графики усталостной прочности, из которых видно, что наложение ультразвука повышает долговечность точечных соединений в 1,5 – 1,7 раза по сравнению с прочностью образцов сваренных без УЗК. Это даже несколько выше долговечности зачищенных образцов сваренных без УЗК.

Механические испытания показывают эффективность воздействия УЗК и принципиальную возможность повышения свойств сварных соединений ответственных конструкций даже в тех случаях, когда свариваются стали без поверхностных плёнок. Данный факт подтверждает сравнительные усталостные испытания зачищенных образцов, сваренных с УЗК и без УЗК.

В третьей части главы проведен анализ причин повышения прочностных характеристик точечных соединений при наложении ультразвука. Как известно, местное изменение свойств металла, появление концентраторов напряжений в соединениях оказывают существенное влияние на прочность сварных соединений. Появление

таких изменений в сварном соединении ведёт к возникновению остаточных напряжений и искажений кристаллической решетки. Поэтому, вопрос об оценке прочностных характеристик точечных соединений при наличии в них остаточных напряжений необходимо решать с учётом тех изменений в свойствах металлов, которыми сопровождается процесс их появления. К таким свойствам следует отнести химическое и структурное строение сварного соединения.

Проведенный локальный спектральный анализ металла точки подтверждает вывод, что при сварке сталей со слоем окалины наложение УЗК позволяет сохранить среднее содержание углерода в металле литого ядра на уровне основного металла, тогда как при сварке без УЗК среднее содержание углерода снижается на 50-80 % за счёт окисления.

Результаты локального рентгеноструктурного анализа позволяют подтвердить, что при сварке с УЗК уменьшается искажение параметров кристаллической решетки в I, I- I,8 раз. При этом дисперсии частот микроискажений кристаллической решетки при наложении ультразвука во всех случаях становятся ниже, а следовательно остаточные микронапряжения распределяются более равномерно, что ведёт к улучшению прочностных показателей сварных соединений.

Металлографические исследования изломов и структур точек, сваренных с УЗК, показывают, что металл в зоне излома более пластичный, с измельчённой структурой и меньшим количеством дефектов.

Таким образом, в результате комплекса проведенных исследований было установлено, что наложение ультразвуковых колебаний на протяжении всего цикла сварки приводит к ускорению и качественному изменению протекающих физических явлений, стабилизации процесса сварки, повышению механических показателей соединений и их стабильности.

На первой стадии процесса - разрушения окалины, под действием продольной и поперечной ультразвуковой волны высокой интенсивности в зоне микроконтактов соединяемых поверхностей возникают силы трения. Под их влиянием происходит разрушение окалины, уменьшение контактного сопротивления, сглаживание поверхности с образованием металлических контактов.

На второй стадии - в момент пропускания начальных импуль-

сов тока, происходит нагрев микроконтактов соприкасаемых деталей, плавление окалины и под действием давления и поперечной ультразвуковой волны осуществляется интенсивное вытеснение расплавленных слоёв окалины из зоны соединения.

На третьей стадии - плавления металла и образования литого ядра точки под действием давления и ультразвука активно протекают процессы перемешивания металла, увеличивается однородность литого ядра точки, стабилизируется процесс сварки.

На четвёртой стадии - после выключения сварочного тока металл точки находится под действием циклически напряжённого поля ультразвуковой частоты, которое способствует перераспределению искажений параметров кристаллической решетки соединения, стабилизации прочностных показателей.

Четвёртая часть главы посвящена результатам промышленного внедрения процесса в производстве. Разработанная установка для точечной сварки горячекатанной стали с наложением УЗК внедрена на Могилёвском лифтостроительном заводе при изготовлении ответственных узлов лифта с толщиной металла от 4-6 мм. Приводятся конструктивные особенности спроектированной и изготовленной установки, даны результаты производственных испытаний образцов на статистическую прочность, результаты усталостных испытаний натурных образцов.

В данном разделе приводятся результаты опытно-промышленной проверки стойкости электродов. Установлено, что наиболее высокой стойкостью при наложении УЗК обладают электроды-волноводы из хромистой бронзы.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Стабильность процесса и механических свойств точечных соединений при контактной сварке горячекатаных сталей может быть достигнута только при комплексном воздействии на каждую стадию процесса:

- а) разрушения окалины и благоприятной подготовки металлического контакта;
- б) вытеснения расплавленной окалины из зоны соединения;
- в) плавления металла с образованием литого ядра точки;
- г) формирования соединения.

2. Проведенный анализ влияния УЗК на процессы пластической деформации и другие исследования показали, что ультразвук способствует "акустическому разупрочнению" в процессе обработки и "акустическому упрочнению" после отключения ультразвука, выявляемому в процессе испытания соединений. "Акустическое разупрочнение" при точечной сварке с наложением УЗК способствует увеличению пластической деформации металла, что выражается в росте площади литого ядра точки.

3. Показано, что наиболее приемлемой схемой введения УЗК является схема введения продольных колебаний нормально к плоскости соединяемых деталей. Такая схема позволяет максимально использовать акустическую мощность электромеханического преобразователя.

4. Показана эффективность применения многофакторного планирования эксперимента для оптимизации процесса точечной сварки с наложением ультразвука. С помощью данного метода найдены следующие оптимальные режимы сварки горячекатанной стали в состоянии поставки ($S_{мет.} = 4 + 4$ мм):

$t_{св.} = 2,15$ сек; $P = 6,4$ кГ/мм²; $A = 14$ мкм; $I_{св.} = 27000$ а

5. Исследованы зависимости признака прочности — усилия точки на срез от основных параметров режима сварки. Проведенные исследования и их статистический анализ показал на высокую технологическую надёжность разработанного процесса, так как изменения основных параметров в оптимальных областях существенно не влияют на показатель прочности.

6. Установлено, что механизм разрушения и вытеснения окалины при наложении ультразвука обусловлен нормальными и тангенциальными составляющими сил трения за счёт продольных вибраций электрода и возникновения поперечных ультразвуковых колебаний в свариваемых деталях.

7. Анализ металлургических процессов, протекающих в литом ядре точки, термодинамические расчёты и экспериментальные исследования позволили установить, что под действием ультразвука наблюдается подавление реакции окисления углерода за счёт разрушения и вытеснения расплавленной окалины из зоны соединения.

8. Результаты металлографического и рентгеноструктурного анализа показывают, что наложение ультразвука способствует по-

вышению однородности металла точки, уменьшению и перераспределению искажений кристаллической решетки в зоне соединения, что в конечном итоге приводит к увеличению стабильности

механических показателей прочности в два раза, росту статической прочности на 10 % и увеличению выносливости точечных соединений в 1,5 - 1,7 раз.

9. На основании комплекса проведенных исследований разработан технологический процесс и оборудование для контактной точечной сварки горячекатаных сталей с наложением ультразвука. Разработанный способ применяется в настоящее время при изготовлении узлов пассажирского лифта на Могилёвском лифтостроительном заводе.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Пархимович Э.М., Роговин Д.А., Бейманов Э.Ф. Некоторые особенности формирования соединения при точечной сварке горячекатаной стали. Сб. "Тезисы докладов республиканской конференции по сварке", Могилёв, 1972.

2. Пархимович Э.М., Алимбочков В.П. Влияние импульсного электрического пробоя на контактное сопротивление горячекатаных сталей. Сб. "Тезисы докладов республиканской конференции по сварке", Могилёв, 1972.

3. Венгринович В.Л., Пархимович Э.М. Способ контактной точечной сварки. Авторское свидетельство № 354954 от 18 июля 1972. Бюллетень изобретений № 31, 1972.

4. Пархимович Э.М., Роговин Д.А. и др. Контактная точечная сварка горячекатаной стали с наложением ультразвука. "Автоматическая сварка" № 11, 1972.

5. Пархимович Э.М., Роговин Д.А. Исследование параметров режима точечной сварки стали в ультразвуковом поле. Сб. "Прочность - пластичность материалов в ультразвуковом поле", Минск, 1973.

Подписано к печати 16.4.74 г.
Зак. 274, тираж 120, объём 1,0 пл. формат 42х30¹/₄
Бесплатно
Отпечатано на ротапринте ММИ. Могилёв, Ленина, 70.