



Алюминотермитная сварка рельсов зимой



Николай ВОРОНИН
Nicolay N. VORONIN

Ольга ТРЫНKOBA
Olga N. TRYNKOVA



Ольга ФОМИЧЕВА
Olga V. FOMICHEVA

Воронин Николай Николаевич – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Трынкова Ольга Николаевна – старший преподаватель МИИТ.

Фомичева Ольга Владимировна – старший преподаватель МИИТ.

Качество алюминотермитной сварки рельсов зависит не только от строгого соблюдения технологических параметров, но и погодных условий. Дождливая погода вызывает порообразование, отрицательные температуры окружающей среды способствуют образованию закалочных структур, развитию трещин с последующим разрушением рельса. На основе экспериментальных и расчетных данных обосновываются возможности улучшения технологии алюминотермитной сварки рельсовых нитей и проведения ее в зимних условиях или дождливую погоду.

Ключевые слова: железная дорога, алюминотермитная сварка, погодные условия, эксперимент, перспективная технология.

В целом ряде работ [1–3], а также в недавней статье в «МТ» [5] достаточно подробно обоснованы особенности технологического процесса, относящегося к алюминотермитной сварке железнодорожных рельсов. В том числе констатируется тот факт, что подобная сварка может проводиться лишь при положительных температурах.

Это серьезная физическая и техническая проблема. И именно о ней пойдет речь.

На процесс сварки большое влияние оказывают низкие температуры окружающей среды. С понижением температуры увеличивается скорость охлаждения и ускоряется кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны, в результате чего частички шлака и выделившиеся газы не успевают всплыть, насыщая металл порами и шлаковыми включениями.

Повышенный отвод тепла от нагретого металла и увеличение содержания в нем газов способствуют образованию трещин в шве и околошовной зоне. На сварочных материалах возможна конденсация влаги, что тоже способствует попаданию водорода в металл шва.

С понижением температуры сталь становится все более чувствительной к концентраторам напряжений; ими могут быть мельчайшие внутренние и внешние дефекты наплавленного металла, которые в условиях отрицательных температур способны привести к образованию микротрещин. Остаточные сварочные напряжения, особенно в таких зонах концентрации, как переходы от наплавленного металла к основному, наплывы, поры, выходящие на поверхность, и другие подобные дефекты стимулируют зарождение и образование трещин. Кроме того, сварщики вынуждены выполнять ряд технологических операций голыми руками, что при низких температурах может стать причиной их переохлаждения.

Нами совместно с представителями ЗАО «СНАГА» (в том числе с их инструкторами, выполнявшими все технологические операции) были проведены контрольные эксперименты в отопляемом цехе при температуре воздуха плюс 19°C и в ангаре, имеющем температуру минус 15°C. Процесс сварки рельсов Р65 Нижнетагильского завода алюминотермитным способом выполнялся согласно существующим техническим условиям [3] на специальном стенде с комбинированной стойкой и литейной формой. После сборки стыка на стенде осуществлялся подогрев формы и концов рельсов газовой горелкой в течение 10 минут до температуры приблизительно 1200°C. Так как температура окружающей среды оказалась ниже, чем предусмотрено техническими условиями, то продолжительность подогрева потребовалось увеличить, а мощность пламени использовать максимальную из рекомендуемых.

По завершении кристаллизации термитного металла форма была разрушена для удаления прибыльной части сварного шва. При дуговой сварке ответственных конструкций, в том числе и ванным способом, ради снижения скорости охлаждения стыки закрывают асбестом, который можно снимать только после остывания шва до 100°C и ниже. Причем, надо заметить, прибыльную часть как раз необходимо удалить сразу после кристаллизации, когда металл находится при высокой температуре [3], иначе потребуются дополнительное

оборудование и значительные трудозатраты.

Вслед за шлифовкой головки рельса его оставили остывать на холодном воздухе. Затем провели испытания на малогабаритном специализированном прессе МПС-300 методом статического изгиба образцов до их полного разрушения с автоматической регистрацией величин разрушающего усилия (прочности) и стрелы прогиба (пластичности) сварного стыка. Испытания проводились при приложении усилия к головке рельса. Результаты приведены в таблице 1, из которой видно, что как по прочности, так и по пластичности стык, сваренный при температуре окружающей среды минус 15°C, не удовлетворяет нормативным требованиям.

Таблица 1

Результаты испытаний сваренных рельсов

Температура окружающей среды при сварке, °С	Разрушающее усилие (прочность), кН	Стрела прогиба (пластичность), мм
Нормативные значения (не менее)	1340	16
+19	1400	17
-15	1250	13

Визуальный осмотр показал, что в головке рельса излом носит хрупкий характер, в этом месте образовались крупные кристаллы, а шейка и подошва рельса имеют мелкозернистую структуру. Разрушение началось от края подошвы (пера) в околошовной зоне, эпицентре концентрации напряжений — сплавление облива и металла рельса с четко выраженной крупнозернистой структурой по сравнению с основной массой стальной конструкции (рис. 1). Под обливом при алюминотермитной сварке рельсов понимается усиление сварного шва с наплывом на основной металл, появление которого вызвано особенностями внутреннего строения литейной формы.

На поверхности катания головки рельса были сделаны замеры твердости. Распределение твердости при сварке в условиях отрицательной температуры имеет следующие значения: шов — 298 НВ, зона сплавления — 297 НВ, зона термического влияния (на расстоянии 25 мм от зоны сплавления) — 340 НВ, основной металл



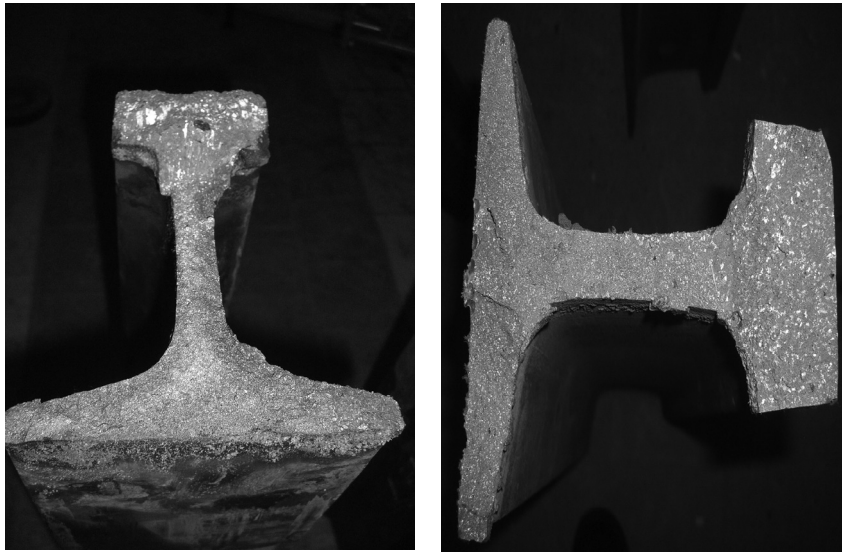


Рис. 1. Поверхности излома рельса, сваренного при температуре -15°C .

рельса – 360 НВ. Из полученных данных следует, что металл сварного шва и зоны сплавления фиксируют несколько повышенный уровень твердости (на 45–55 НВ) по сравнению со стыками, сваренными при температуре окружающего воздуха 15–20 $^{\circ}\text{C}$.

Наличие в рельсовой стали высокого содержания углерода при ускоренном охлаждении может приводить к образованию закалочных структур в отдельных зонах поперечного сечения рельса, снижающих пластичность. Поэтому важно знать скорости охлаждения в различных зонах сварного соединения.

Используя разработанную программу [4], было проанализировано влияние температуры окружающей среды на скорость охлаждения в диапазоне от +40 до -40°C . Результаты расчетов проиллюстрированы

на рис. 2, где показаны средние скорости охлаждения в различных поперечных сечениях рельсов. При этом видно, что с повышением температуры окружающей среды T_0 скорости охлаждения металла $W_{6/5}$ на базе значений X , соответствующих зоне термического влияния, уменьшаются, причем протяженность этой зоны, как и следовало ожидать, увеличивается.

В поперечном сечении имеет место неравномерное распределение скоростей охлаждения (рис. 3): в головке они меньше средних, а на периферии подошвы (в перре) – возрастают, но не достигают критических значений, при которых образуются закалочные структуры. Наличие закалочных структур и высокие остаточные напряжения являются основной причиной образования холодных трещин, которые приводят к разрушению сварной конструкции.

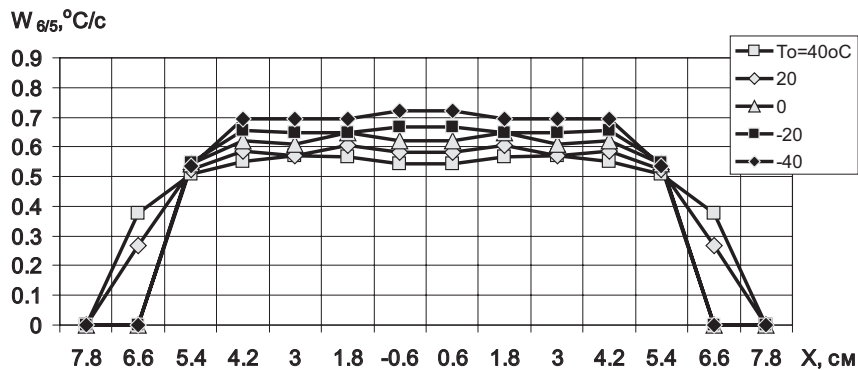


Рис. 2. Влияние температуры окружающей среды на скорость охлаждения.

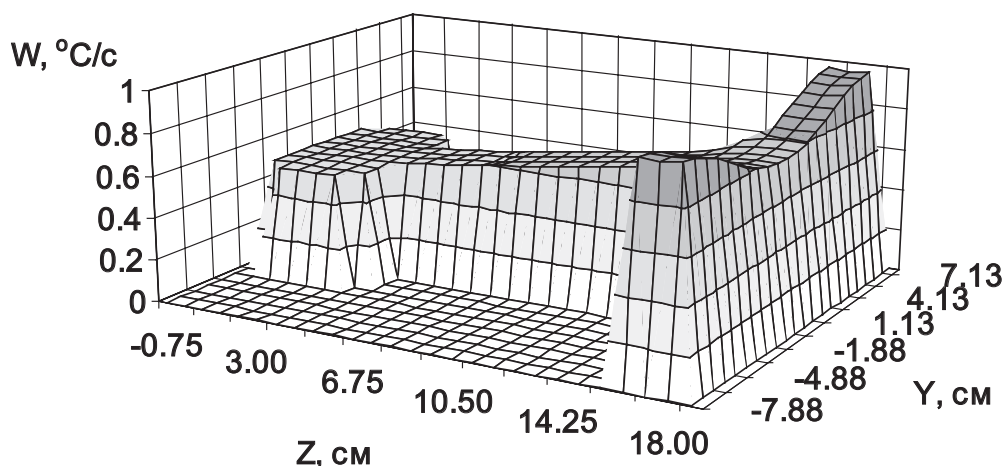


Рис. 3. Распределение скоростей охлаждения в поперечном сечении рельса.

Проводя сварку рельсов во временно сооруженном укрытии с положительной температурой воздуха, например в палатке, и немного усложнив технологию, можно получить достаточно высокое качество сварного стыка, которое будет удовлетворять требованиям эксплуатации.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что при некотором усложнении технологии сварки рельсов алюминотермитным способом их можно будет сваривать не только при положительных температурах, но и отрицательных. Это даст возможность восстанавливать разрушенные рельсы в зимний период, не дожидаясь среднесуточных положительных температур окружающей среды, и тем самым сократить продолжительность пребывания

плети в состоянии временно восстановленной, снизить затраты на ее содержание и не уменьшить скорости движения поездов на данном участке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология алюминотермитной сварки рельсов: Учеб. пособие/Н. Н. Воронин, В. В. Засыпкин, В. И. Коненков, Э. В. Воробьев, О. Н. Трынкова; Под ред. Н. Н. Воронина. – М.: МИИТ, 2008.
2. Воронин Н. Н., Прохоров Н. Н., Трынкова О. Н. Алюминотермитная сварка рельсов//Ремонт, инновации, технология, модернизация. – 2009. – № 6.
3. Сварка рельсов алюминотермитная методом промежуточного литья ТУ 0921-127-01124323–2005. – М.: ВНИИЖТ, 2005.
4. Прохоров Н. Н., Воронин Н. Н. Программа для оценки скорости охлаждения металлов при АТС рельсов//Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ, № 2012610714, заявка № 2011617812 от 13.01.2012.
5. Воронин Н. Н., Прохоров Н. Н., Трынкова О. Н. Резервы алюминотермитной сварки рельсов//Мир транспорта. – 2012. – № 2. ●

ALUMINOTHERMIC WELDING OF THE RAILS IN WINTER

Voronin, Nikolay N. – D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).
Trynkova, Olga N. – senior lecturer of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).
Fomicheva, Olga V. – senior lecturer of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors argue that the quality of aluminothermic welding of the rails depends on weather conditions as well as on the strict observance of process-dependent parameters. Rainy weather causes cavitation, negative temperature favors quenching defects, cracks followed by disintegration of a rail. The authors use experimental and design data to demonstrate and substantiate possibilities to enhance the technique of aluminothermic welding of a track way under rainy and winter conditions.

Key words: railway, aluminothermic welding, weather conditions, experience, testing, leading-edge technology.

Координаты авторов (contact information): Воронин Н. Н. – profvnn@mail.ru, Трынкова О. Н., Фомичёва О. В. – black_hold@mail.ru.

