

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2026-24-15-18>

СЛОИСТАЯ НАПЛАВКА БЕЗ ПОДОГРЕВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Набойченко А.Д., Маслов И.Н.

Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

Ключевые слова: слоистая наплавка, легированные стали, крупногабаритные детали, восстановление, холодные трещины, остаточные напряжения, межслойная температура, подогрев, никелевые сплавы, аустенитная структура.

Аннотация. В статье рассмотрена технология слоистой наплавки без предварительного подогрева для восстановления крупногабаритных деталей из легированных сталей. Показано, что традиционный подогрев для предотвращения холодных трещин и хрупких структур технически сложен и энергозатратен. Слоистая наплавка с контролем межслойной температуры позволяет отказаться от подогрева, снизить остаточные напряжения, исключить дефекты и сократить время ремонта. Приведены рекомендации по подготовке поверхности, выбору сварочных материалов, термическому контролю и последовательности наплавки. Обосновано применение высоконикелевых материалов для стабилизации аустенитной структуры и предотвращения хрупкого разрушения. Метод обеспечивает высокое качество, однородность и эксплуатационную надёжность восстановленных деталей, что подтверждается методами неразрушающего контроля.

LAYER DEPOSITION WITHOUT PREHEATING FOR LARGE-SIZED PARTS MADE OF ALLOYED STEELS

Naboichenko A.D., Maslov I.N.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Keywords: layer deposition, alloyed steels, large-sized parts, restoration, cold cracks, residual stresses, interpass temperature, preheating, nickel alloys, austenitic structure.

Abstract. The article considers the technology of layer deposition without preheating for the restoration of large-sized parts made of alloyed steels. It is shown that traditional preheating to prevent cold cracks and brittle structures is technically complex and energy-intensive. Layer deposition with interpass temperature control makes it possible to eliminate preheating, reduce residual stresses, avoid defects, and shorten repair time. Recommendations on surface preparation, material selection, thermal control, and deposition sequence are provided. The use of high-nickel materials to stabilize the austenitic structure and prevent brittle fracture is justified. The method ensures high quality, uniformity, and operational reliability of restored parts, which is confirmed by non-destructive testing methods.

В современном машиностроении, строительстве и добывающей промышленности крупногабаритные детали из легированных сталей играют ключевую роль в обеспечении надёжности и долговечности оборудования. К таким деталям относятся опорно-поворотные устройства кранов, валы, шестерни, элементы экскаваторов, детали горнодобывающей и металлургической техники. Эти компоненты работают в условиях высоких нагрузок, абразивного и ударного износа, часто подвергаются воздействию

агрессивных сред, что приводит к их интенсивному изнашиванию и необходимости регулярного восстановления.

Восстановление изношенных или повреждённых деталей методом наплавки – одна из наиболее востребованных технологий, позволяющая не только вернуть изделию первоначальные эксплуатационные свойства, но и значительно продлить срок его службы, снизив затраты на изготовление новых комплектующих. Однако при работе с крупногабаритными деталями из легированных сталей традиционные методы наплавки сталкиваются с рядом серьёзных технологических трудностей.

Легированные стали благодаря химическому составу обладают высокой прочностью, износостойкостью и устойчивостью к коррозии. Вместе с тем они характеризуются пониженной свариваемостью и склонностью к образованию хрупких структур (например, мартенсита) в зоне термического влияния при быстром охлаждении. Это приводит к возникновению остаточных напряжений, короблению и, что особенно критично, к появлению холодных трещин как в процессе наплавки, так и при эксплуатации [1].

Для предотвращения этих дефектов традиционно применяют предварительный и сопутствующий подогрев детали, а также строгий контроль межслойной температуры [2]. Однако для крупногабаритных изделий организация равномерного подогрева технически сложна, требует значительных энергозатрат и не всегда гарантирует желаемый результат. Кроме того, подогрев увеличивает время технологического цикла и может привести к нежелательным структурным изменениям в основном металле.

В последние годы всё большее внимание привлекает технология слоистой наплавки без предварительного подогрева [3]. Суть метода – в послойном формировании наплавленного металла с тщательным подбором сварочных материалов и контролем параметров каждого прохода. Такой подход позволяет управлять термическими циклами, минимизировать остаточные напряжения и исключить образование дефектов даже без внешнего подогрева.

Основные преимущества метода: снижение энергозатрат – отказ от подогрева сокращает расход электроэнергии и времени на подготовку; минимизация напряжений и деформаций – плавное распределение тепла исключает резкие перепады; повышение качества слоя – мелкозернистая структура, отсутствие пор и включений; исключение холодных трещин – контроль межслойной температуры предотвращает образование мартенсита; универсальность – применимость для деталей сложной формы и больших размеров; сокращение времени цикла – ускорение ремонта; экологичность и безопасность – снижение энергопотребления и отказ от высокотемпературных нагревателей; экономическая эффективность – снижение себестоимости восстановления.

Для обеспечения качества при слоистой наплавке без подогрева необходимо соблюдать следующие рекомендации: подготовка поверхности – очистка от ржавчины, масла, удаление наклёпанного слоя на 1-2 мм; выбор

материалов – электроды с основным покрытием (УОНИ-13/45, ОЗН-400) или наплавочные (Т-590, Т-620) для абразивного износа; контроль температуры – межслойная температура не ниже 150-200°C (пирометр, термокарандаш); техника наплавки – послойно с перекрытием швов на 1/3-1/2, электроды не более 4 мм, ток на 10-20% ниже, чем для нижнего положения; контроль качества – визуальный осмотр, при необходимости ультразвуковая или магнитопорошковая дефектоскопия, измерение твёрдости; после наплавочная обработка – механическая (шлифовка, фрезерование) и при необходимости высокий отпуск.

В таблице 1 приведены рекомендуемые режимы наплавки для легированных сталей.

Табл. 1. Режимы наплавки для легированных сталей

Диаметр, мм	Род тока	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч
3	постоянный, обратной полярности	90-120	22-26	15-25
4	постоянный, обратной полярности	130-170	24-28	12-20

Слоистая наплавка без предварительного подогрева представляет собой современный, технологически обоснованный и экономически эффективный метод восстановления крупногабаритных деталей из легированных сталей [4]. Соблюдение представленных рекомендаций гарантирует получение однородной, плотной структуры без дефектов, что подтверждается методами неразрушающего контроля. Внедрение данной технологии на промышленных предприятиях способствует повышению ресурса оборудования, сокращению времени простоя и снижению себестоимости ремонта. С позиций механики деформируемого твёрдого тела предложенный метод обеспечивает управляемое напряжённо-деформированное состояние наплавленного слоя и основного металла, что является условием долговечности крупногабаритных деталей.

Список литературы

1. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.
2. Лещинский Л.К. Разработка научных основ технологии нанесения слоистых композиций на крупногабаритные стальные детали оборудования горячей прокатки: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. – М., 1991. – 44 с.
3. Меликов В.В. Многоэлектродная наплавка. – М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.
4. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – М.: Высшая школа, 1976. – 424 с.

References

1. Makarov E.L. Cold cracks in welding of alloyed steels. – M.: Mechanical Engineering, 1981. – 247 p.
2. Leshchinsky L.K. Development of scientific foundations of technology for applying layered compositions to large-sized steel parts of hot rolling equipment: : Abstract of the diss. ... doct. of tech. sc. M., 1991. – 44 p.
3. Melikov V.V. Multi-electrode deposition. – M.: Mechanical Engineering, 1988. – 144 p.
4. Bagryansky K.V., Dobrotina Z.A., Khrenov K.K. Theory of welding processes. – M.: Higher School, 1976. – 424 p.

Набойченко Анастасия Дмитриевна – студентка	Naboichenko Anastasia Dmitrievna – student
Маслов Игорь Николаевич – кандидат технических наук, доцент	Maslov Igor Nikolaevich – candidate of technical sciences
naboika7@gmail.com	

Received 05.05.2026