

нелных пор происходит с меньшей скоростью. Определена зависимость изменения условного предела упругости материала от длительности высокотемпературного воздействия в вакууме. При проведении экспериментальных исследований в качестве модельного использовался сплав Л62 системы Cu-Zn. Значение условного предела упругости материала образцов, изотермически выдержанных в среде аргона в течение 16...42 ч., не изменялось и составило

$\sigma_{0,05} = 88 \pm 3$ МПа. После выдержки в вакууме при температуре 723 К в течение 16 часов зарегистрировано снижение условного предела упругости материала до значения $\sigma_{0,05} = 74 \pm 4$ МПа, а при выдержке 32 и 42 часа - до $\sigma_{0,05} = 70 \pm 3$ МПа. Для расчета изменения условного предела упругости металлических материалов при изотермической выдержке в вакууме предложено эмпирическое выражение.

УДК 621.7

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ СПЛАВОВ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Мурзин С.П., Трегуб Н.В., Никифоров А.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR INCREASE OF WELDED JOINTS DURABILITY AT WELDING NICKEL-BASED ALLOYS BY PULSE LASER INFLUENCE

Murzin S.P., Tregub N.V., Nikiforov A.M. In the propulsion engineering it's expedient to spend welding of small thickness metal alloys by pulse laser radiation. It's established that formation of welded joint with strip power source gives possibility to increase the weld cross-section area and, as consequence, joint durability. At welding of high-temperature and heat-resistant nickel-based alloys durability of welded joint raises on 10...20 %. Carbides were dissolved, the cast zone has homogeneous structure without emptiness and blisters that specifies in high workability of welded joint.

Одной из задач в двигателестроении является разработка технологий формирования сварных соединений, не требующих последующей механической обработки корня шва. Сварку металлических сплавов малых толщин (до 10^{-3} м) целесообразно проводить импульсным лазерным излучением. Однако при однокоординатной (линейной или круговой) контурно-лучевой обработке материалов импульсным излучением шаг размещения единичных зон, выбираемый наибольшим из условия обеспечения максимально достижимой производительности, не может превышать значения, при котором неравномерность по глубине ширины зоны термического воздействия влияет на прочность сварного соединения. В процессе об-

работки зоны лазерного воздействия накладываются друг на друга, что вызывает непроизводительные потери энергии лазерных импульсов на повторный нагрев уже обработанных участков. Регулирование распределения плотности мощности при формировании сварного соединения лазерным излучением предоставляет возможность устранить такие дефекты, как углубления на поверхности, трещины, поры и др. Применение фокусаторов излучения позволяет проводить обработку областей требуемой геометрии.

Основной целью расчетов тепловых процессов лазерной сварки является определение температурного поля и координат границы плавления в заданный момент времени. Проведен оценочный расчет координат

границы плавления при сварке встык пластин из сплава на никелевой основе ХН60ВТ толщиной $0,4 \cdot 10^{-3}$ м. Установлено, что формирование сварного соединения с помощью полосового энергетического источника предоставляет возможность увеличить площадь продольного сечения шва и, как следствие, прочность соединения. Сохраняется малая площадь поперечного сечения шва, которая является характерной особенностью лазерных сварных соединений, определяющей их основное преимущество – возможность получения ограниченных по ширине сварных швов с минимальной деформацией изделий.

Оценка прочностных свойств сварных соединений при сварке жаростойких и жаропрочных сплавов на никелевой основе, выполненных импульсным лазерным излучением с регулируемым распределением плотности мощности, проводилась при статическом нагружении образцов. Определена зависимость усилия разрушения сварного соединения от энергии излучения и длительности импульса. Установлено, что при длительности

импульса $\tau = 4 \cdot 10^{-3}$ с максимальная разрушающая нагрузка при проведении испытаний на статическую прочность сварной точки возрастает до значения $(8,2 \dots 8,6) \cdot 10^2$ Н. Прочность сварного соединения повышается до значения $(600 \dots 635) \cdot 10^6$ Па, т.е. на 10...20 %.

Выявлена структура металла шва в поперечном сечении зоны лазерной сварки жаростойкого и жаропрочного сплава на никелевой основе ХН60ВТ. По границам и внутри зерен сложнолегированного твердого раствора в исходной структуре имеются включения карбидов. При лазерном плавлении происходит растворение карбидов, литая зона имеет однородную структуру без пустот и раковин, что указывает на высокую работоспособность сварного соединения. Проведенные экспериментальные исследования показывают, что применение сварки импульсным лазерным излучением с регулируемым распределением плотности мощности позволяет получить сварное соединение с развитой площадью продольного сечения.

УДК 621.7

ВЫЯВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ СЕЛЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СУБЛИМАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОПОРИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Мурзин С.П., Осетров Е.Л., Трегуб Н.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

REVELATION OF SELECTIVE LASER SUBLIMATION'S INTENSIFICATION CONDITIONS FOR NANOPOROUS METAL MATERIALS FORMATION

Murzin S.P., Osetrov E.L., Tregub N.V. It's expedient to carry out formation of nanoporous metal materials, which have prospects of application in the propulsion engineering for creation of interfaced details blankets in tribological units with raised antifrictional properties, by the selective laser sublimation method. The intensification of laser sublimation processes is possible at increase of thermal-activated diffusion. At the lowered surrounding atmosphere gas pressure heated material's sublimation occurs more intensively, since smaller temperatures.

Формирование нанопористых металлических материалов, имеющих перспективы применения в двигателестроении для создания повышенных антифрикционных свойств поверхностных слоев сопряженных деталей пар трения, целесообразно осуществлять методом селективной лазерной сублимации. Разработанный метод, экспериментальная

обработка которого осуществлена на модельном сплаве системы Cu–Zn – латуни Л62, заключается в воздействии на металлические материалы типа твердый раствор лазерного излучения с высокой частотой следования импульсов. Основным механизмом образования нанопористой структуры является сублимация компонента материала с