

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВНОГО ПРЕДЕЛА УПРУГОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАНОПОРИСТЫХ СТРУКТУР

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

Самарский государственный аэрокосмический университет

ESTIMATION OF THE APPARENT ELASTIC LIMIT'S CHANGE IN METAL MATERIALS AT NANOPOROUS STRUCTURES FORMATION

Murzin S.P., Tregub V.I., Osetrov E.L. In the propulsion engineering application of metal materials with nanoporous surface is perspective for rising antifrictional properties of tribological units and interacting surfaces conformability. The method of formation nanoporous structures in metal materials by laser influence is developed. Similar structures could also be received by vacuum isothermal soaking of binary alloys, in this case accumulation of separate and tunnel pores occurs with smaller speed. Dependence of material apparent elastic limit's change on duration of high-temperature influence in vacuum is defined.

Нанопористые материалы обладают рядом уникальных физических свойств, определяемых наличием большого числа пор с наноразмерным поперечным сечением. В двигателестроении применение металлических материалов с нанопористой поверхностью перспективно для повышения антифрикционных свойств узлов трения и прирабатываемости трущихся поверхностей. Такие материалы могут эффективно поддерживать смазку в условиях приработки. На основе нанопористых твердокристаллических материалов возможно получение металлонанокomпозитов с повышенными эксплуатационными свойствами.

Разработан метод формирования нанопористых структур металлических материалов лазерным воздействием, предоставляющий возможность создать в приповерхностном слое сплавов типа твердый раствор структуру со средним размером нанопор 30...60 нм. Основным механизмом образования нанопористой структуры является коагуляция вакансий, образующихся в результате сублимации компонента сплава с более высокой упругостью паров. В материале создается градиент концентраций, в дальнейшем данный компонент сублимирует в той мере, в какой обеспечивается его диффузия к поверхности. Условием для интенсификации массопереноса в твердой фазе металлических материалов является нестационарная локальная деформация, вызываемая высоко-

энергетическим внешним воздействием. При подводе энергии лазерного излучения обеспечивается локальность физических процессов по глубине и площади при сохранении исходных свойств материала в остальном объеме, а применение специальных оптических систем позволяет избирательно проводить обработку областей необходимой геометрии.

Более интенсивное порообразование имеет место на участках, прилегающих к границам зерен. Наблюдаются не только отдельные, но и тоннельные поры, как правило, расположенные около границ зерен и пронизывающие приповерхностный слой, обедненный компонентом с более высокой упругостью паров. При этом отдельные поры коагулируют в более крупные, соединяясь между собой, образуют тоннельные поры. Поскольку границы зерен и области, прилегающие к ним, более интенсивно обедняются компонентом с высокой упругостью паров, то пересыщение вакансиями и образование пор прежде всего развивается на этих участках. Образующиеся поры снижают не только прочность границ зерен, но и оказывают влияние на объемные свойства материала. Дополнительные концентраторы напряжений снижают условный предел упругости.

Подобные структуры возможно получить также при изотермической выдержке двухкомпонентных сплавов в вакууме, в этом случае накопление отдельных и тон-

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