

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗЕРКАЛ-ОТРАЖАТЕЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Г.В. Шаронов, Г.А. Гусаков

Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко
Белорусского государственного университета, Минск

E-mail: sharonov@hotmail.ru

В настоящее время технология алмазного лезвийного точения с наноразмерной шероховатостью широко используется при изготовлении металлооптических изделий, в первую очередь, зеркал-отражателей для транспортировки мощных лазерных энергетических потоков. К металлам для изготовления зеркал-отражателей предъявляются жесткие требования: минимальные значения физической, химической и индуцированной неоднородности; отсутствие внутренних напряжений; хорошая полируемость; высокая отражательная способность; высокая теплопроводность и минимальный коэффициент линейного расширения. Как показывает практика, оптимальным материалом для изготовления зеркал-отражателей из алюминиевых сплавов является сплав АМг-2. Сплав АМг-2 широко используется на практике при изготовлении различных изделий методами холодной штамповки и обработки резанием. Режимы термообработки этого материала, позволяющие повысить его пластичность, хорошо известны. Вместе с тем, влияние предварительной механо-термической обработки сплава АМг-2 на чистоту поверхности при суперфинишной обработке алмазным точением при изготовлении лазерных зеркал-отражателей изучено недостаточно.

С целью улучшения оптических характеристик зеркал-отражателей и повышения их лучевой прочности в представленной работе исследуются технологические процессы предварительной механо-термической и финишной алмазной лезвийной обработке поверхности подложек из алюминиевого сплава АМг-2. Подложки представляли собой диски диаметром 100 мм и толщиной 8 мм. Предварительная механическая обработка поверхности осуществлялась твердосплавным резцом. Термическая обработка проводилась в интервале температур от 200°C до 540 °C с последующим охлаждением образцов на воздухе. Длительность термообработки варьировалась от 5 до 10 часов. Финишная обработка производилась на прецизионном токарном станке модели МК 6501 с использованием специального алмазного резца с радиусом закругления лезвия $\leq 0,05$ мкм. Анализ состояния поверхности исходных заготовок из сплава АМг2 и заготовок, подвергнутых механо-термической обработке, проводился методами растровой электронной микроскопии (РЭМ)/электрон-

ного микрозонда. Кроме того, проводились измерения микротвердости образцов. Контроль качества изготовленных зеркал-отражателей осуществлялся методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) и зондовой электрометрии (МЗЭ).

По данным электронного микрозонда усредненный химический состав исходного сплава соответствует марке АМг2. Однако, для него характерно наличие интерметаллидных включений состава $\text{Al}_{0,75}\text{Mg}_{0,15}\text{Si}_{0,15}$ и $\text{Al}_{0,76}\text{Fe}_{0,2}\text{Mn}_{0,03}\text{Cu}_{0,01}$ размер которых достигает 10 мкм. Твердость этих включений существенно отличается от твердости алюминиевой матрицы, что отрицательно сказывается на чистоте обработки поверхности. Кроме того, наличие на поверхности зеркал-отражателей интерметаллидных включений может снизить их лучевую прочность. Показано, что отжиг при $T \geq 380^\circ\text{C}$ приводит к полному исчезновению включений $\text{Al}_{0,75}\text{Mg}_{0,15}\text{Si}_{0,15}$. Включения $\text{Al}_{0,76}\text{Fe}_{0,2}\text{Mn}_{0,03}\text{Cu}_{0,01}$ сохраняются даже после отжига при $T = 540^\circ\text{C}$, хотя и уменьшаются в размерах.

Исходный сплав находится в нагартованном состоянии, поэтому для него наблюдается заметное снижение микротвердости с ростом нагрузки. Гомогенизирующий отжиг при $T \geq 200^\circ\text{C}$, как и ожидалось, приводит к разупрочнению поверхности исходного сплава. Микротвердость образцов снижается с ростом температуры отжига вплоть до 380°C . Дальнейшее увеличение температуры отжига не приводит к заметному изменению микротвердости.

В целом, гомогенизирующий отжиг оказывает положительное влияние на чистоту обработки поверхности сплава АМг2 алмазным резцом. Так для исходного образца, не подвергавшегося отжигу, после финишной обработки полученное методом АСМ значение параметра шероховатости поверхности R_z составляет 3,1 нм. Для образца, отожженного при $T = 200^\circ\text{C}$, $R_z = 1,6$ нм. Для образцов, отожженных при $T \geq 380^\circ\text{C}$, регистрируется шероховатость поверхности менее 1 нм. Метод зондовой электрометрии для этих образцов дает однородное распределение по поверхности контактной разности потенциалов с разбросом на уровне шумов измерительного оборудования. Это говорит о высокой электрофизической и структурной однородности поверхности.

Проведенные технологические исследования подтверждают перспективность алмазного лезвийного наноточения как высокопроизводительного метода обработки оптических поверхностей. Полученные результаты позволяют сформулировать подходы к повышению эффективности наноразмерной алмазной лезвийной обработки алюминиевых сплавов применительно к изготовлению металлических зеркал-отражателей с высокой отражательной способностью и лучевой прочностью.