

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОДЛОЖЕК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ТЕХНОЛОГИИ АЛМАЗНОГО НАНОТОЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шаронов Г.В., Гусаков Г.А.

НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, г.Минск, Беларусь, E-mail: sharonov@hotmail.ru

Анализ технического состояния различных отраслей промышленности, связанных с использованием современных конструкционных композиционных материалов, керамики, цветных металлов и сплавов для изготовления суперточных изделий показывает, что наиболее эффективным способом обработки является технология алмазного лезвийного точения. Главные достоинства метода алмазного точения – это высокая производительность (в 5-10 раз выше по сравнению с другими методами) и высокая чистота обработки поверхности ($R_z \leq 5\text{нм}$).

В представленной работе исследуются технологические процессы наноразмерной алмазной лезвийной обработки поверхности подложек на основе алюминиевых сплавов для изготовления оптических зеркал-отражателей с высокой лучевой прочностью. 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. Неоднородности структуры поверхности, остаточные внутренние напряжения, температурные деформации, присущие металлам, могут существенно сказаться на оптических и эксплуатационных характеристиках изделий. Как показывает практика, оптимальным материалом для изготовления зеркал-отражателей является алюминиевый сплав АМг2, несмотря на его высокий коэффициент линейного расширения. Сплав АМг2 широко используется при изготовлении различных изделий методами холодного прессования и штамповки. Режимы термообработки этого материала, позволяющие повысить его пластичность перед обработкой давлением, а также режимы, снимающие остаточные напряжения после формовки и придающие готовому изделию требуемое сочетание прочности и пластичности, хорошо известны [1]. Вместе с тем, влияние предварительной термической обработки сплава АМг2 на чистоту поверхности при обработке точением изучено недостаточно.

При изготовлении зеркал-отражателей для стабилизации фазового и структурного состояния подложек из алюминиевого сплава АМг2 проводилась термическая и механическая обработки. Предварительная механическая обработка поверхности осуществлялась твердосплавным резцом. Финишная обработка производилась на прецизионном токарном станке модели МК 6501 с вертикальным расположением шпинделя на воздушном подшипнике с использованием специального алмазного резца с радиусом закругления лезвия $\leq 0,05$ мкм. Термическая обработка проводилась в лабораторной электропечи марки SNOL 58/350. Для отработки технологических режимов разработана технологическая оснастка (прецизионные тиски) и изготовлены контрольные образцы подложек 20x20x7 мм, которые подвергались термической и механической обработке по заданной программе.

Были исследованы следующие режимы предварительной термической обработки:

Режим 1 (образец №1) - исходный сплав АМг2 в состоянии поставки.

Режим 2 (образец №2) – гомогенизация при $T = 200^\circ\text{C}$ в течение 10 часов с последующим охлаждением на воздухе.

Режим 3 (образец №3) – гомогенизация при $T = 200^\circ\text{C}$ в течение 10 часов с последующим охлаждением на воздухе, обработка твердосплавным резцом, возврат при $T = 100^\circ\text{C}$ в течение 6 часов с последующим охлаждением на воздухе.

Режим 4 (образец №4) - гомогенизация при $T = 200^\circ\text{C}$ в течение 10 часов с последующим охлаждением на воздухе, два цикла обработки твердосплавным резцом и возврата при $T = 100^\circ\text{C}$ в течение 6 часов с последующим охлаждением на воздухе.

После проведения указанных выше термических обработок все образцы проходили предварительную обработку твердосплавным резцом и финишную обработку алмазным резцом в одинаковых режимах.

Анализ состояния поверхности проводился с использованием микротвердомера ПМТ-3 и атомно-силового микроскопа (АСМ) SolverProP47.

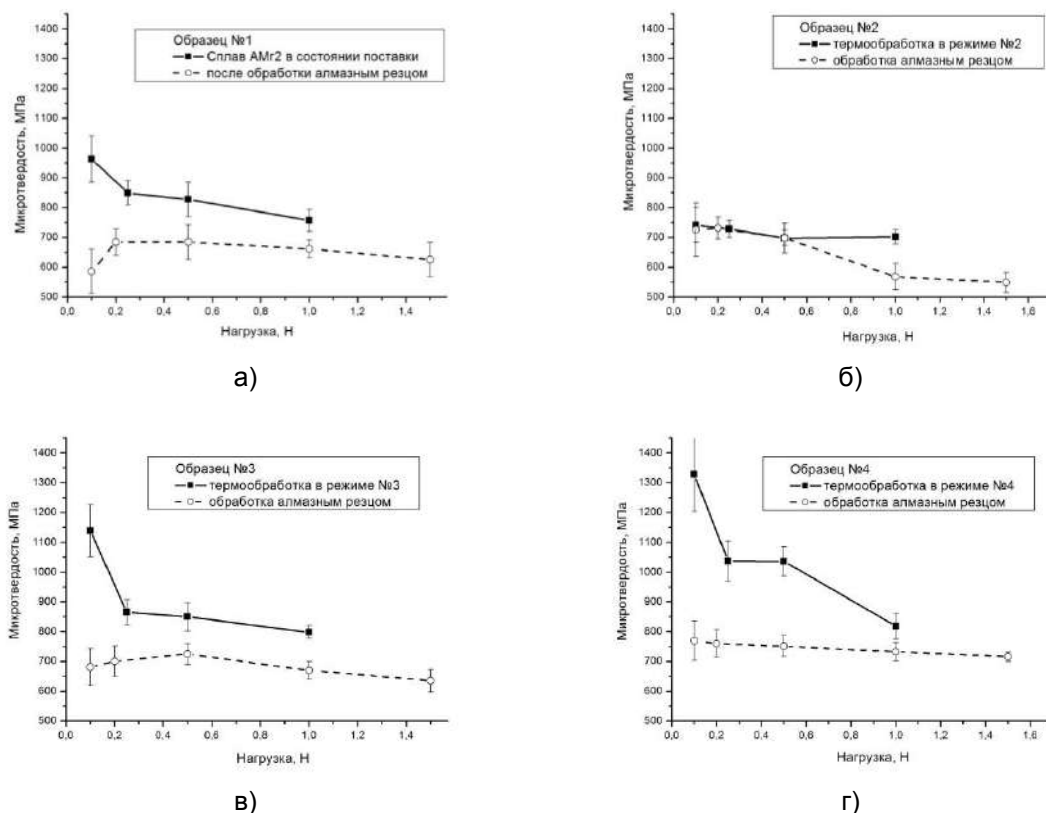
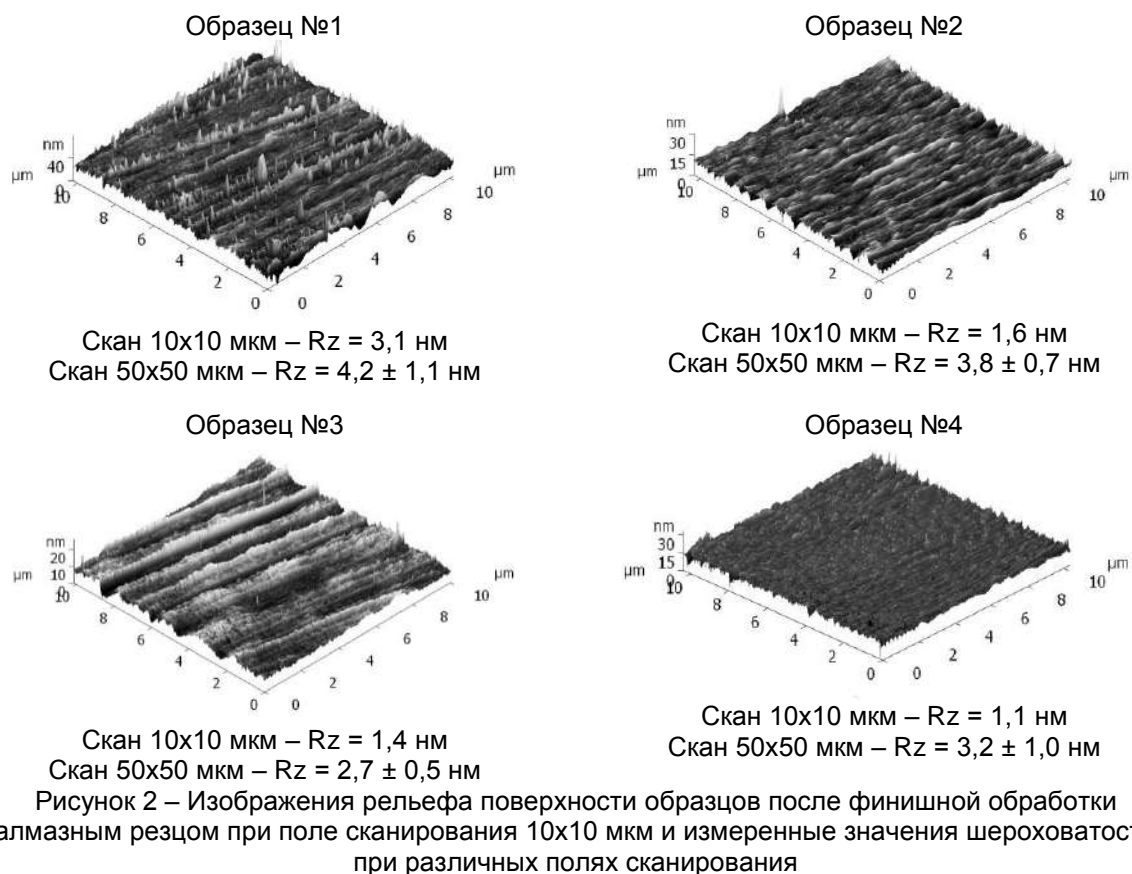


Рисунок 1 – Зависимости микротвердости от нагрузки для исследованных образцов

На рисунке 1 приведены зависимости микротвердости от нагрузки для всех исследованных образцов. Измерения для каждого образца проводились дважды - после термообработки и после финишной обработки алмазным резцом. Исходный сплав находится в нагартованном состоянии, поэтому для него наблюдается заметное снижение микротвердости с ростом нагрузки. Гомогенизирующий отжиг при $T = 200^{\circ}C$ (режим №2), как и ожидалось, приводит к разупрочнению поверхности исходного сплава. Обработка гомогенизированного образца твердосплавным резцом с последующим возвратом при $T = 100^{\circ}C$ приводит к заметному упрочнению его поверхности. Наблюдается существенное увеличение наклона нагрузочных кривых. Рост микротвердости при малых нагрузках для образца №4 составляет ~ 2 раза по сравнению с образцом №2.

В результате финишной обработки алмазным резцом микротвердость всех исследованных образцов снижается. Уменьшается также и наклон зависимости микротвердости от нагрузки. Это говорит о том, что при алмазном точении происходит удаление поверхностных дефектов, созданных предыдущими обработками, и структура поверхностного слоя материала становится более однородной. Наиболее четко этот эффект проявляется для образца №4.

На рисунке 2 приведены результаты исследования поверхности образцов № 1-4 методом АСМ. Видно, что предварительная термическая обработка позволяет улучшить чистоту обработки поверхности алюминиевых сплавов.



Проведенные исследования подтверждают перспективность алмазного наноточения как высокопроизводительного метода обработки оптических поверхностей. Полученные результаты по термической и механической обработке алюминиевого сплава АМг2 по технологии алмазного точения позволяют сформулировать подходы к повышению эффективности алмазной лезвийной обработки применительно к изготовлению металлических зеркал-отражателей с высокой отражательной способностью и лучевой прочностью для работы в экстремальных условиях.

Список литературы:

1. Колачев, Б.А. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов / Б.А. Колачев, Р.М. Габидуллин, Ю.В. Пигузов. – М.: Металлургия, 1980. – 280 с.