

УДК 621.923

В.Г. ШКУРУПІЙ (доц.)  
Ю.Ф. НАЗАРОВ (д-р техн. наук, проф.)  
ХНЭУ, г. Харьков, Украина

## ПОВЫШЕНИЕ СГЛАЖИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ АБРАЗИВНОМ ПОЛИРОВАНИИ

В работе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния рабочей среды на параметры процесса абразивного полирования металлических зеркал для лазерного излучения. Показано, что использование новых абразивных суспензий и новых конструкций полировальников с добавками фторопласта позволяет значительно повысить сглаживание поверхностного слоя деталей и, тем самым улучшить качество обработки их поверхностей при абразивном полировании, а также повысить отражательную способность металлических зеркал для лазерного излучения. Так отражательная способность медных зеркал обеспечиваемая традиционной технологией повысилась с 98,8%, до 99,3%. Это позволило разработать практические рекомендации по совершенствованию технологии обработки зеркал из меди.

**абразивное полирование, сглаживание, рабочая среда, поверхностный слой, медное зеркало**

### Введение

Бурное развитие космической лазерной техники, гелиотехники поставило перед машиностроением ряд новых проблем, связанных с обеспечением таких важнейших эксплуатационных свойств деталей машин, как способность отражать (поглощать) электромагнитные волны оптического диапазона спектра излучения Солнца. Такие детали нашли широкое применение в конструкциях космических аппаратов, лазерной техники, в отражателях различных гелиосистем [1, 2]. Решение задач терморегулирования летательных аппаратов при их эксплуатации требуют решения вопросов технологического обеспечения поверхностей деталей с заданными поглощательными и излучательными способностями. К группе деталей, для которых очень важно технологическое обеспечение высокой отражательной способности, относятся зеркала лазерных установок. Такие зеркала изготавливают из меди и ее сплавов, молибдена, бериллиевых и других сплавов. Зеркала могут быть плоскими, сферическими, вогнутыми и достигать размеров 1000 мм и более.

Проблеме повышения эксплуатационных характеристик деталей технологическими методами посвящены работы Рьжова Э.В., Яшеридына П.И., Сулимы А.М., где сформулированы основные научные положения. Обработке резанием с достижением минимальной шероховатости поверхности посвящены работы Гребенщикова И.В., Орлова П.Н., Федотова А.И. и др. В имеющихся работах изменения оптических свойств авторы связывают с изменением природы неметаллической пленки, а влияние шероховатости не рассматривают. В отдельных работах обращается внимание на необходимость сглаживания поверхности детали для повышения отражательной способности. Наиболее эффективно сглаживание достигается при абразивном полировании.

Основное влияние на съем металла и на формирование поверхностного слоя полированных деталей оказывают абразивные материалы. Абразивная способность микропорошков влияет на интенсивность съема материала и качество формирования поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

Применение абразивных материалов особенно выгодно для окончательной обработки высокоточных деталей с заданными характеристиками светоотражательных поверхностей, где требуется получение малых значений высотных параметров шероховатости поверхности при съеме минимальных припусков.

Эти же абразивные материалы хорошо оправдали себя на финишных операциях обработки деталей, предназначенных для работы в условиях трения и износа. При этом необходимо обеспечивать минимальное шаржирование обработанных поверхностей абразивными частицами. Анализ существующих технологических процессов изготовления зеркальных поверхностей деталей лазерной техники показал, что улучшение физико-химических параметров поверхности при обработке свободным абразивом возможно за счет повышения эффективности технологических сред, конструкций инструмента и полировальника, режимов обработки, а также автоматизации технологического цикла изготовления. Поэтому целью настоящей работы является обоснование путей повышения сглаживания шероховатости на этапе полирования за счет выбора более эффективных абразивных составов и конструкций полировальников.

### Основное содержание работы

Нами разработаны технологические решения, направленные на повышение отражательной способности и производительности обработки зеркал, связанные с применением улучшенных технологических сред и конструкций инструментов и полировальников, а также проведена оптимизация параметров процесса их обработки.

Повышение эффективности технологических сред возможно путем применения в абразивных суспензиях всевозможных компонентов, которые в процессе обработки зеркал приводят к улучшению физико-химических параметров поверхности. В результате повышения однородности обработанной поверхности уменьшается работа выхода электрона (величина контактной разности потенциалов увеличивается).

Для обработки металлических зеркал из меди, алюминиевых сплавов и молибдена разработаны специальные технологические составы, обеспечивающие повышение их отражательной способности за счет улучшения параметров поверхностного слоя. Разработанные составы с полимерными добавками обеспечили повышение отражательной способности по сравнению с применявшимися ранее составами. Состав алмазно-абразивной суспензии защищен авторским свидетельством [3]. В качестве полимерной добавки выбрана поливинилацетатная дисперсия (ГОСТ 18992-73), наличие которой в суспензии при содержании 5 – 7 % веса, обеспечивает фиксацию абразивных зерен на полировальнике. Продукты механической деструкции поливинилацетата химически взаимодействуют с металлом обрабатываемой поверхности, особенно с гребешками и обеспечивают сглаживание этих гребешков, а также образуют на поверхности тончайшую оптически прозрачную пленку. При этом образуется ювентальная поверхность с благоприятным физико-химическим состоянием, с тончайшей пленкой окислов, которая практически не влияет на отражательную способность. Работа выхода электрона у такой поверхности гораздо меньше, чем у поверхностей, обработанных абразивной суспензией, например, с добавками различных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Наличие полимерных добавок повышает в 2 раза съём металла по сравнению с применяющимися ранее добавками ПАВ, и следовательно, производительность процесса.

Кроме этого предложен состав на основе оксихинолиновых соединений при следующем соотношении компонентов (вес %) [4]: алмазный порошок 2–4; насыщенный раствор 8-оксихинолина - остальное. Состав защищен авторским свидетельством.



Введение комплексообразующего компонента 8-оксихинолина обеспечивает увеличение производительности обработки за счет подавления сдвиговых деформаций и селективности воздействия на поверхностный слой обрабатываемого материала комплексообразующих компонентов (КК). КК взаимодействует с обрабатываемой поверхностью и при этом вначале адсорбируется поверхностью, а затем координационные центры КК образуют комплексные образования (еще не ставшие комплексными соединениями) с наиболее активными центрами поверхности. В результате активные центры, представляющие собой узлы кристаллической решетки материала, все более вовлекаются в координационную сферу КК. При этом все более ослабляются связи, удерживающие ионы в узлах кристаллической решетки.

Таким образом, существенно снижается энергетический порог отрыва ионов. Для этого достаточно небольших энергий сдвиговых деформаций в процессе полирования, то есть съем поверхностного слоя может происходить не только путем царапания абразивными частицами, но и за счет сдвиговых деформаций.

В результате значительно увеличивается производительность обработки в процессе полирования с участием КК.

Другой особенностью является селективность воздействия на поверхностный слой обрабатываемого материала. Наиболее уязвимыми местами для комплексообразования являются дефектные области поверхности, особенно наклонные гребни выступов, а также впадины, в которые затруднено проникновение громоздких молекул комплексообразователей.

За счет этого максимальное количество КК взаимодействует с наиболее доступными узлами дефектных зон (гребни выступов), обеспечивая максимальный съем этих участков. При этом происходит сглаживание рельефа поверхности выступов, уменьшается крутизна и высота профиля.

Особенно важным обстоятельством является то, что поверхность в процессе обработки в среде КК 8-оксихинолина не изменяет своего состава. В результате этого работа выхода электрона такой поверхности минимальна.

Важным моментом является выбор материала и конструкции полировальника.

Условия взаимодействия абразивных зерен с материалом заготовки и полировальника зависят от свойств и состояния всех элементов системы полировальник - абразивная прослойка - заготовка.

При полировании незакрепленным абразивом поверхности заготовок деталей с высокой отражательной способностью из меди марки Моб применяют различные полировальники, например, из технической шерсти, фторопласта, полихлорвинила или пеко-канифольной смолы. Проведенные исследования показали, что эти материалы обладают рядом недостатков, вызывающих снижение эффективности процесса полирования. Так, полировальник, изготовленный из фторопласта, обеспечивает получение деталей с высокой отражательной способностью, но съем материала при этом невысокий, так как фторопласт плохо удерживает абразив в зоне обработки. Полировальники из пеко-канифольной смолы быстро изнашиваются, поэтому не позволяют интенсивно снимать припуск на обработку в первый период процесса, когда параметр шероховатости обрабатываемой поверхности  $R_a = 0,50 \dots 0,40$  мкм.

Прочностные свойства полировальника, износостойкость его рабочей поверхности, хорошее удержание абразивной суспензии в зоне обработки и равномерность ее распределения можно обеспечить введением в состав полировальной смолы марки СП-18 ТУ (СТБ 47-71), изготавливаемой Красногорским оптико-механическим заводом, добавки в виде износостойких высокодисперсных частиц фторопласта-4. Разработана

конструкция полировальника, состоящая из композиции смолы СП18 и фторопласта-4 (ГОСТ 1006-80) [5]. Фторопласт-4, как и древесно-смоляной пек, упрочняет канифольную матрицу.

Материал полировальника такого состава имеет гетерогенную структуру, состоящую из менее износостойкой основы (пеко-канифольной смолы и более износостойких частиц фторопласта-4). Благодаря мягкой основе в процессе обработки на рабочей поверхности такого полировальника образуются лунки, обеспечивающие хорошее удержание зерен абразива. Частицы фторопласта-4, обладающие более высокой износостойкостью, способствуют сохранению заданной формы поверхности полировальника и повышению отражательной способности обрабатываемой детали. Применение такого полировальника благоприятно влияет на физико-химическую структуру поверхности – способствует меньшему шаржированию и окислению поверхности, благодаря интенсивному съему материала. Установлено, что производительность обработки с применением такого полировальника повысилась на 20–25%, износостойкость – на 23–26% по сравнению с обработкой полировальником на основе пеко-канифольной смолы.

Для определения содержания фторопласта-4 были изготовлены полировальники из пеко-канифольной смолы марки СП-18 с различным содержанием мелкодисперсного порошка фторопласта-4 (2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 и 15% массовые доли).

Зависимости съема меди и износа полировальника от содержания фторопласта-4 в пеко-канифольной смоле приведены на рис.1 и рис.2.

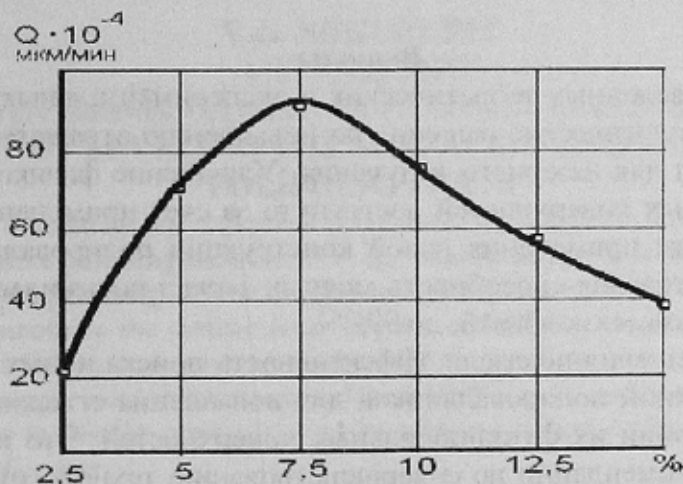


Рис.1. Зависимость съема меди марки Моб от содержания износостойкого высокодисперсного порошка фторопласта 4 в композиционном составе полировальника

На основании результатов исследований для изготовления полировальника можно рекомендовать композиционный материал следующего состава (% массовые доли): 90–95 пеко-канифольной смолы; 5–10 высокодисперсного порошка фторопласта-4.

Эксплуатационные характеристики полировальников этого состава лучше ранее применяемых на основе пеко-канифольной смолы.

Частицы фторопласта-4 способствуют сохранению заданной формы поверхности полировальника и оказывают положительное влияние на повышение отражательной способности за счет благоприятного влияния на физико-химические параметры поверхностного слоя, так как фторопласт-4 практически не взаимодействует с обрабатываемой поверхностью.



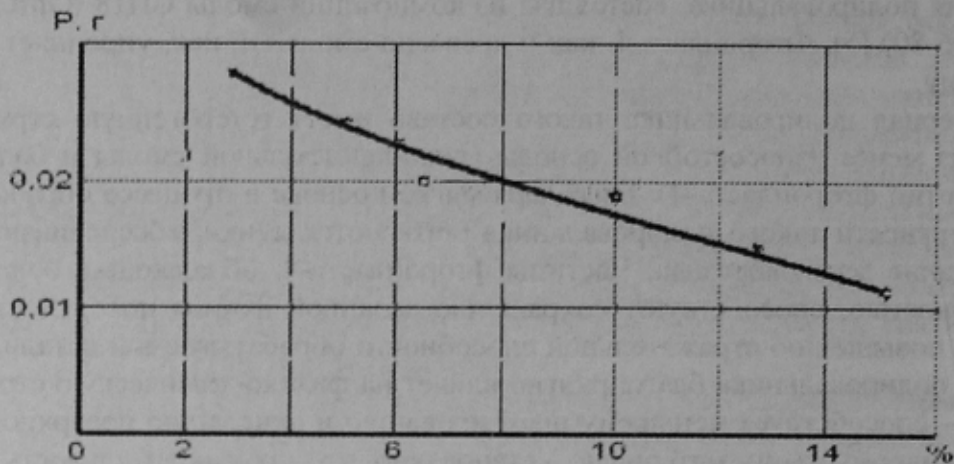


Рис.2. Залежність износу полірувальника від вмісту абразивного порошку фторопласта-4

Було встановлено, що продуктивність обробки з використанням такого полірувальника підвищилася на 20–25%, абразивостійкість – на 23–26% порівняно з обробкою полірувальником на основі пеко-каніфольної смоли. Отражальна здатність мідних зеркал підвищилася з 98,8%, забезпечувана традиційною технологією, до 99,3%.

### Висновки

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблені нові технологічні рішення по підвищенню отражальної здатності металічних зеркал для лазерного випромінювання. Улучшення фізико-хімічних параметрів оброблюваних поверхонь досягнуто за рахунок застосування нових технологічних засобів, а також застосування нової конструкції полірувальника з домішками фторопласта. Отражальна здатність мідних зеркал підвищилася з 98,8%, забезпечуваною традиційною технологією, до 99,3%.

Отримані рішення показали ефективність пошуку нових абразивних складів і нових конструкцій полірувальників для підвищення сглаживання поверхні деталей при поліруванні їх функціональних поверхонь. Це дозволило розробити практичні рекомендації по вдосконаленню технології обробки зеркал з міді.

### Список літератури

1. Елисеєв А.С. Техніка космічних польотів / А.С. Елисеєв. – М.: Машинобудування, 1983. – 312 с.
2. Інженерний довідник по космічній техніці / В. А. Алатирцев, А. І. Алексєєв, М. А. Байков і др. – М.: МО СРСР, 1977. – 142 с.
3. Довідочний алмазно-абразивний склад : А.С. 905256 СРСР М. Кл 3 / П.Д. Дудко, Ю.Ф. Назаров, В.Г. Шкурूपий і др. – №2861281/23-26; опубл.15.02.82; бюл. №6 // Відкриття. Ізобретення. – 1982. – №6 – С.121.
4. Склад для полірування металічних поверхонь : А.С. 1102799 СРСР Кл СО 91/02 / М.В. Романов, М.В. Хащина, Ю.Ф. Назаров і др. – №3488747/23-05; опубл.15.07.84; бюл. № 26 // Відкриття. Ізобретення. – 1984. – № 26. – С. 59.

5. Рубан В.М. Композиционный полировальный для алмазно-абразивной обработки зеркальных поверхностей / В.М. Рубан, Г.Б. Лурье, Ю.Ф. Назаров // Алмазы и сверхтвёрдые материалы. – 1983. – № 11. – С.10.

**В. Г. ШКУРУПІЙ**

**Ю. Ф. НАЗАРОВ**

ХНСУ, г. Харків, Україна

**ПІДВИЩЕННЯ ЗГЛАДЖУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ПРИ  
АБРАЗИВНОМУ ПОЛІРУВАННІ ДЕТАЛЕЙ ВИСОКОЇ ТОЧНОСТІ**

У роботі наведені результати теоретичних і експериментальних досліджень впливу робочого середовища на параметри процесу абразивного полірування металевих дзеркал для лазерного випромінювання. Показано, що використання нових абразивних суспензій і нових конструкцій полірувальників з добавками фторопласта дозволяє значно підвищити згладжування поверхневого шару деталей і тим самим поліпшити якість обробки їхніх поверхонь при абразивному поліруванні й підвищити відбивну здатність металевих дзеркал для лазерного випромінювання. Так, відбивна здатність мідних дзеркал підвищилася з 98,8 %, що забезпечується традиційною технологією, до 99,3 %. Це дозволило розробити практичні рекомендації з удосконалення технології обробки дзеркал з міді.

**абразивне полірування, згладжування, робоче середовище, поверхневий шар, мідне дзеркало**

**V.G. SHKURUPIY**

**Y.F. NAZAROV**

Kharkiv National University Of Economics, Kharkiv, Ukraine

**IMPROVEMENT OF LEVELING THE SURFACE LAYER IN HIGH-ABRASIVE  
POLISHING PARTS**

The results of theoretical and experimental research influence the working environment on the parameters of the abrasive polishing-metal mirrors for laser radiation. It is shown that the use of new-abrasive suspensions and polishing of new designs with the addition of PTFE makes it possible to increase considerably smoothing the surface layer of parts and thereby improve the processing of their surfaces by abrasive polishing and enhance results reflectivity of metal mirrors for laser light. Thus, the reflectivity of the copper mirrors has increased from 98,8%, provided by traditional technology, up to 99,3%. It is possible to develop practical recommendations on how to improve processing technology of mirrors made of copper.

**high-abrasive polishing, leveling, working environment, surface layer, copper mirrors**

Рецензент: д.т.н., проф. Калафатова Л.П.

Надійшли до редакції 19.03.2010