

Шкурупий В.Г.
ХНЭУ им. Семена Кузнеця, г. Харьков, Украина

УСЛОВИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫСОТЫ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ И ПОВЫШЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Введение

В работе [1] предложена интегральная оценка шероховатости поверхности по критерию шероховатости поверхности F . Однако, ряд методов обработки, применяемых на финишных операциях, обеспечивают значения критерия шероховатости поверхности F равные единице, при этом светоотражательная способность таких поверхностей может быть разной. Эксплуатационные свойства деталей, работающих в условиях воздействия солнечной радиации, определяются светоотражательной и излучательной способностью поверхностей. Эффективными являются процессы финишной обработки абразивными материалами и нанесение покрытий вакуумным и гальваническим методами.

В настоящее время проблема управления геометрическими характеристиками и физико-химическим состоянием поверхностей в значительной степени решена. Появилась возможность управления процессом формирования отклонений формы и расположения поверхностей, волнистости и их шероховатости. Однако для неровностей на поверхности с размерами менее 1 мкм существует проблема управления процессом их формообразования. Трудности воспроизводства таких неровностей возникают по следующим причинам: окислы, как результат физико-химических явлений на поверхности являются соизмеримыми с неровностями при финишной обработке, загрязнения, неоднородности на поверхности требуют введения дополнительных операций по обработке поверхности. Целью работы является оценка изменения параметров поверхности и разработка рекомендаций по обеспечению заданных значений оптических характеристик поверхностей при максимальном уменьшении высотных параметров шероховатости поверхности.

Основная часть

Для определения влияния процесса обработки на изменения критерия шероховатости поверхности F и работы выхода электронов (значений контактной разности потенциалов - КРП) были проведены эксперименты с образцами алюминиевого сплава АМГ-6. Режимы обработки выбирали из условия обеспечения различных геометрических и физико-химических параметров поверхностей.

На рис. 1 приведены зависимости между коэффициентом излучения, критерием шероховатости поверхности и значениями контактной разности потенциалов (КРП) на поверхности деталей из алюминиевых сплавов после различных методов их обработки.

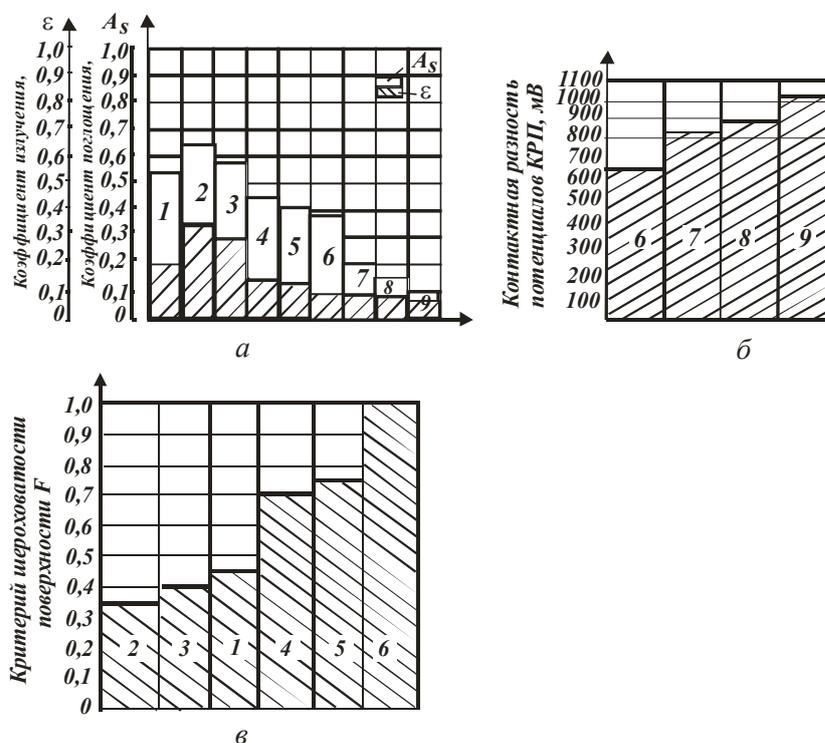


Рисунок 1 – Зависимость оптических свойств и параметров поверхности от методов обработки деталей из сплава АМГ6: 1 – прокат; 2 – гидроабразивная обработка; 3 – обработка металлической дробью; 4 – фрезерование твердосплавной фрезой; 5 – фрезерование фрезой из эльбора; 6 – точение твердосплавным резцом; 7 – полирование алмазное; 8 – выглаживание, 9 – микроточение алмазным резцом.

Как показали исследования геометрических характеристик поверхностей деталей шуповыми методами и растровой электронной микроскопии (рис. 2, рис. 3 и рис. 4) на предварительных стадиях обработка с применением фрезерования, точения с использованием традиционных инструментальных материалов (сталь Р18, твердый сплав и др.) гидроабразивной обработки и обработки металлической дробью, изменение оптических характеристик связано с изменением критерия шероховатости поверхности. Применение финишных методов обработки приводит к образованию поверхностей, величина критерия шероховатости которых приближается к 1 и изменения оптических характеристик связано с изменением КРП. Поверхности деталей машин, имеющие значение F , близкое к единице, следует отнести к высокоотражательным или поверхностям, имеющим низкую поглощательную способность. Исследования топологии поверхности деталей после обработки резанием позволили изучить характер ее изменения в зависимости от вида обработки. Максимальные значения были достигнуты на поверхности деталей после шлифования, гидроабразивной обработки и обработки металлической дробью.

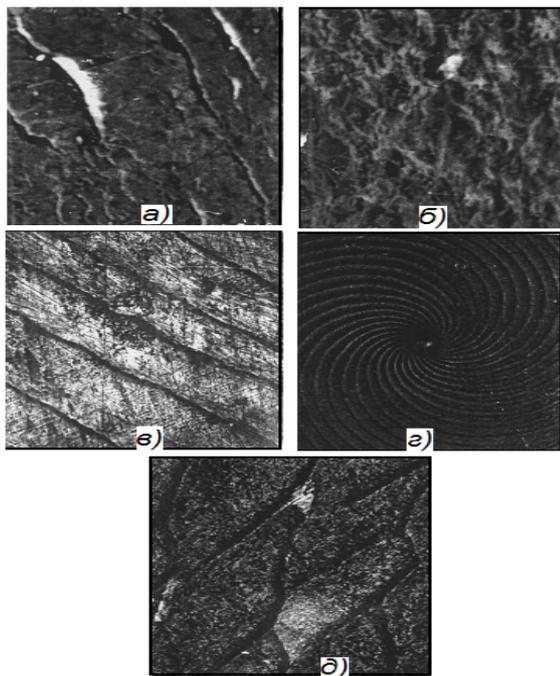


Рисунок 2 – Топология поверхности образцов из сплава АМг6 после различной обработки: а) – прокат; б) – обработка металлической дробью; в), г), д) – рельеф поверхности после поверхностного пластического деформирования (ППД); а), б) – электронные снимки (x770)

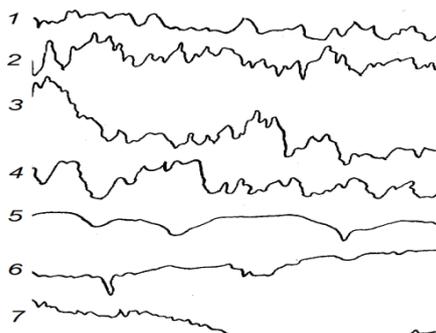


Рисунок 3 – Профилограммы поверхности образцов из сплава АМг6 при различных горизонтальном (ГУ) и вертикальном (ВУ) увеличениях: 1-прокат (200 и 10000); 2-гидроабразивная обработка (200 и 4000); фрезерование (100 и 2000); 4 - точение твердым сплавом (400 и 10000); 5-абразивное полирование (200 и 10000); 6- выглаживание (200 и 10000); 7-микроточение алмазом (200 и 100000).

На профиле шероховатости образуются субмикронеровности значительных размеров сравнимых по величине с длинами волн падающего излучения (максимальная величина 0,9 мкм). Топология поверхностей шлифованных деталей отличается от топологии поверхности полированных деталей. Исследование формирования геометрических характеристик на полированных поверхностях показало, что форма и размеры неровностей таких поверхностей отличаются от формы и размеров неровностей после шлифования, гидроабразивной обработки, обработки металлической дробью.

При полировании наряду с процессом резания происходит процесс пластического деформирования, который приводит к сглаживанию неровностей и перетеканию металла из выступов во впадины. Это изменяет форму и направления неровностей и позволяет уменьшить их размеры до предельных значений. Как показали электронно-микроскопические исследования на профиле шероховатости поверхности деталей после гидроабразив-

ной обработки, обработки металлической дробью как и при шлифовании образуется субмикрощероховатость, размеры которой сравнимы с длинами волн падающего излучения.

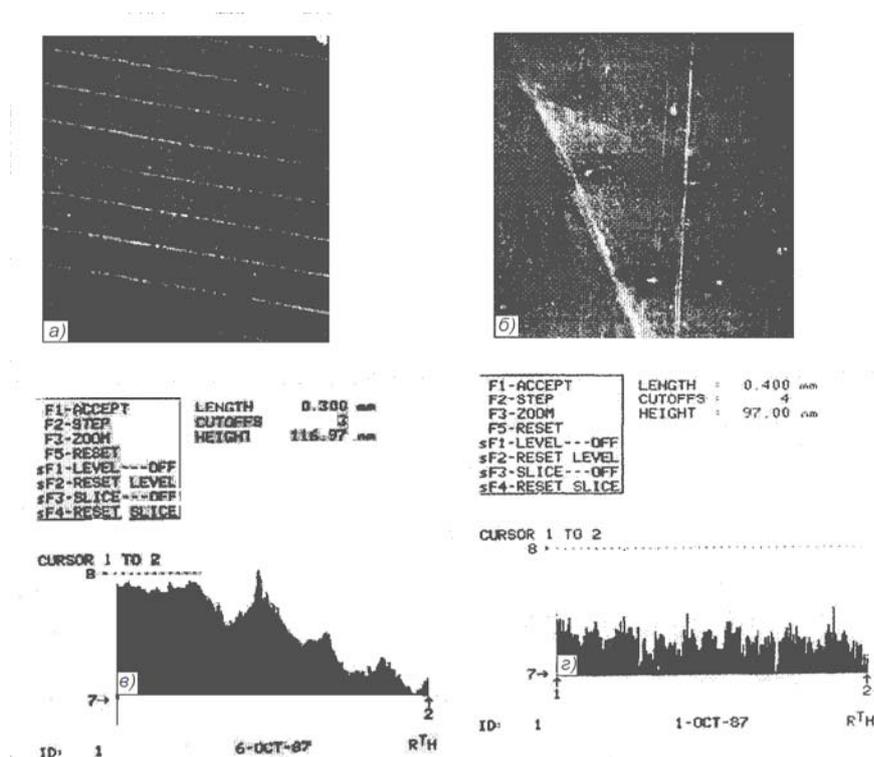


Рисунок 4 – Топология поверхности образцов из сплава АМг6 после алмазного микроточения (а, в) и абразивного полирования (б, г): (а и в) – электронные снимки при увеличении (x1250); (в и г) – профилограммы

Так, на некоторых поверхностях образцов они достигали значений до 0,8-0,9 мкм. При гидроабразивной обработке, шлифовании, обработке металлической дробью формы и размеры выступов (впадин) профиля шероховатости различаются в зависимости от направления ощупывания. Порядок размеров неровностей имеет больший, чем при абразивном полировании, диапазон изменения. Количество неоднородностей геометрического характера соизмеримых с длинами волн падающего излучения, меньше при полировании, что можно объяснить снижением эффекта микрорезания, увеличением усилий резания. Изменение условий резания при лезвийной обработке, фрезеровании (по отношению к полированию) приводит к еще большему увеличению высоты неровностей (кроме алмазного точения). Однако форма и количество микронеровностей, соизмеримых с длинами волн падающего излучения, изменяется незначительно.

Сглаживание поверхностного слоя при абразивной обработке зависит от величины нормальной составляющей силы резания, что подтверждается схемами обработки, применяемыми при изучении изменения критерия шероховатости поверхности, отношения R_a / R_{max} , коэффициента поглощения и значений контактной разности потенциалов КРП. Величина критерия шероховатости на фрезерованных поверхностях принимает значения, близкие к 0,9.

Исследования геометрических характеристик поверхности после обработки ППД показали, что при малых усилиях вдавливания индентора происходит сглаживание микронеровностей исходной поверхности за счет деформации вершин выступов аналогично обкатыванию; с увеличением усилия образуется ровный микрорельеф со следами невыглаженных исходных микронеровностей на участках наиболее глубоких впадин. Дальнейшее увеличение усилия приводит к полному выглаживанию исходных микронеровностей и образованию полностью нового микрорельефа, высота, форма и расположение которого будут определяться критерием шероховатости, величина которого практически равна единице. Изменение структуры обработанной поверхности, а также появление в поверхностном слое сжимающих напряжений приводит к уменьшению количества неоднородностей поверхностного слоя и увеличению отражательной способности поверхности после ППД. При виброобкатывании, как установлено, можно получить различный характер микрорельефа поверхности деталей из алюминиевых сплавов, который практически не изменяет A_s и ε .

Рассмотрим вариант механизма образования поверхностей для изделий с высокой отражательной способностью.

Технологическое обеспечение поверхности лазерных зеркал с высокой отражательной способностью при длине волны 10,6 мкм, а также поверхностей деталей летательных аппаратов при длине волн падающего на поверхность излучения от 0,2 до 2,5 мкм связано с обеспечением на них максимальных значений КРП, т.е. создания поверхностей с необходимыми физико-химическими параметрами. Как видно из результатов исследований (рис. 1), максимальных значений контактная разность потенциалов может быть достигнута абразивной обработкой (полирование, доводка), лезвийной обработкой (точение с применением сверхтвердых материалов, в том числе природных алмазов), поверхностным пластическим деформированием.

Для обеспечения высокой отражательной способности (кроме механической обработки) можно использовать электрохимическое или химическое полирование, которые в силу специфики процесса создают металлические поверхности с благоприятной тонкой структурой, которая обеспечивает максимальные значения КРП.

В настоящее время для получения высокой отражательной способности лазерных зеркал из различных материалов (медь, алюминий и его сплавы, молибден и др.) применяются традиционные методы обработки резанием: лезвийная обработка – точение резцами из природных алмазов и обработка свободными абразивом – полирование (доводка) с применением смоляных полировальных кругов и технологических сред, содержащих алмазные микропорошки. Нами изучен механизм образования поверхности с высокой отражательной способностью обработкой резанием на зеркалах из меди и алюминиевых сплавов. Было исследовано изменение параметров и оптических характеристик поверхностей (после точения природным алмазом и полирования алмазным микропорошком), которые имели максимальные значения критерия шероховатости поверхности. После алмазного точения зеркал из алюминиевого сплава АМгб отражательная способность ($\lambda = 10,6$ мкм) имела значения 96,6%, а после алмазного полирования – 92,6 %. При этом значение коэффициента поглощения составляло 0,1 и 0,2 соответственно. Повышение отражательной способности поверхностей, обработанных точением алмазным инструментом, способствует благоприятное сочетание физико-химических свойств природного алмаза и обрабатываемых поверхностей, снижение интенсивности воздействия химически активных веществ, что приводит к уменьшению различного рода неоднородностей в двойном электрическом слое поверхности и уменьшает величину работы выхода электронов. На поверхности алюминиевого образца величина КРП составляет 1050–1100 мВ, а после полирования с применением алмазных микропорошков – около 880 – 900 мВ.

При абразивном полировании обрабатываемая поверхность адсорбирует химически активные вещества, содержащиеся в технологических средах, и кислород воздуха, что оказывает влияние на развитие химико-механических явлений, сопровождающих пластическое деформирование микровыступов поверхности. Процесс адсорбции интенсифицируется при механическом снятии пленок окислов с поверхности, что обеспечивается относительным изменением контакта полировальника и обрабатываемой поверхности.

При изучении топологии поверхностей образцов из сплава АМгб после точения алмазным инструментом и абразивного полирования обнаружены значительные различия (рис. 4). На полированных поверхностях, кроме следов абразивных зерен, имеется большое количество мелких точек «ряби», которые отсутствуют на поверхности, обработанной точением. Наличие «ряби», видимо, является результатом взаимодействия органических компонентов полирующих составов, абразивных зерен и обрабатываемой поверхности. На поверхности, обработанной точением могут наблюдаться следы резца глубиной 0,1-0,2 мкм и шириной 60 мкм. При этом склоны гладкие, почти отсутствуют неровности, соизмеримые с длинами волн падающего излучения.

Значительные различия состояния поверхностей после точения и полирования подтверждаются и рентгенографическими исследованиями (рис. 5). После абразивного полирования поверхность деформирована в меньшей степени, чем после алмазного точения. Однако химическая активность алюминия на воздухе и шаржирование поверхности абразивом образуют субструктуру в виде конгломерата окислов металла, осколков абразивных зерен, соединений щелочных металлов. После алмазного точения поверхность деформирована в большей степени, химический состав ее также неоднороден. Однако в виду отсутствия шаржирования поверхности, а также меньшей степени ее окисления субструктура поверхности имеет меньше дефектов и нарушения в двойном электрическом слое минимальны, работа выхода электрона минимальна.

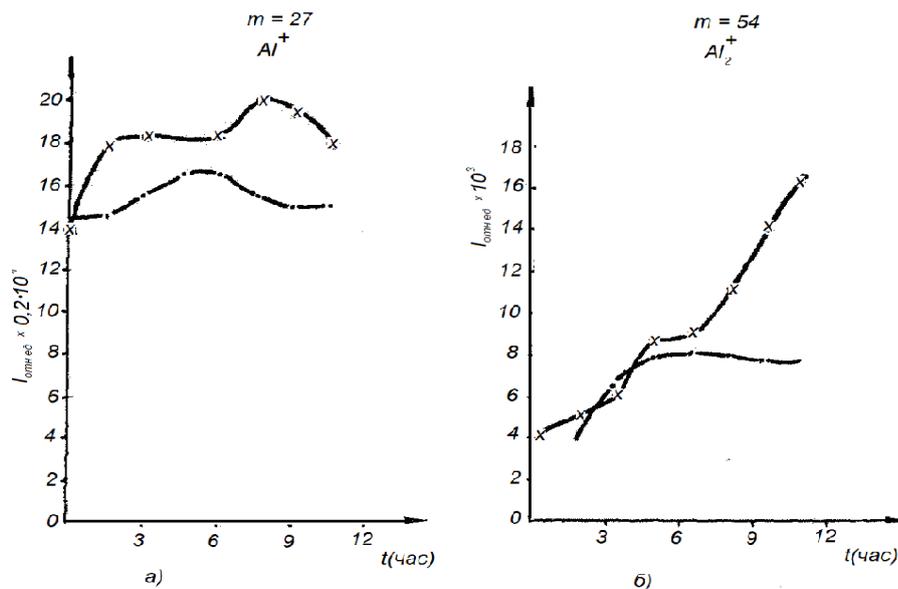


Рисунок 5 – Зависимость тока вторичных ионов Al^+ (а), Al_2^+ (б) от времени бомбардировки поверхности после различных видов обработки:

— — — — — механическое полирование
 —x—x— алмазное точение

Для определения гетерогенных веществ и других примесей, не относящихся к основному материалу, а образующихся в процессе обработки, поверхности исследовали методами масс- и же-спектроскопией (рис. 5).

Таким образом, на светоотражательную способность поверхностей оказывает влияние микрорельеф, формирующий шероховатость поверхности со значением критерия $F < 1$, а для поверхностей со значением F , равным или близким к единице, необходимо контролировать параметры физико-химического состояния, например, оценкой работы выхода электронов, т. е. оценкой контактной разности потенциалов. Сглаживание неровностей на поверхности можно контролировать отношением R_a / R_{max} .

В настоящее время для выживания предприятий необходима модернизация, реконструкция и совершенствование действующих производств. Снижение трудоемкости и себестоимости изготовления деталей и машин, а также повышение их качества является важнейшей задачей. Многочисленными исследованиями установлено, что определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик играет состояние поверхности объекта, который окончательно формируется на финишных операциях. Известно [2], что эффективность и производительность абразивной обработки зависят от технологической среды, которая включает полировальник, абразивную и неабразивную составляющую технологического состава и материал заготовки. Традиционные подходы [2], обладая развитым аппаратом, не позволяют в явном виде учитывать особенности динамики процесса полирования по отношению к шлифованию. Все это снижает эффективность принятия технологических решений и делает их малоприменимыми в практике. Поэтому важно разработать модель формирования значений высотных параметров шероховатости поверхности при абразивном полировании с учетом зернистости абразива, а также получение зависимости для определения времени обработки при достижении заданной шероховатости поверхности и наименьшем количестве циклов обработки. Для решения этой задачи воспользуемся работой [3], в которой приведена зависимость скорости съема Q от параметров процесса полирования:

$$Q = k \cdot V^a \cdot c^{b1} \cdot e^{b2c} \cdot p^{d1} \cdot e^{d2p}, \quad (1)$$

где V – скорость резания, м/с; p – давление, кПа; c – плотность абразивной суспензии, г/мл; k, a, b, d – коэффициенты.

В результате получены зависимости, характеризующие изменение съема материала детали от одной переменной при фиксированных значениях двух переменных.

Скорость съема при изменении скорости резания:

$$Q(V) = 2,39 \cdot 10^{-2} \cdot V^{1,15} \quad (\text{при } c = 2 \times 10^{-2} \text{ г/мл; } p = 12 \times 10^2 \text{ кПа}).$$

Скорость съема при изменении давления:

$$Q(p) = 0,68 \cdot 10^4 \cdot p^{-3,38} \cdot e^{0,0173p} \quad (\text{при } V = 0,2 \text{ м/с; } c = 2 \times 10^{-2} \text{ г/мл}). \quad (2)$$

Скорость съема при изменении концентрации абразивной суспензии:

$$Q(c) = 1,14 \cdot 10^8 \cdot c^{5,64} \cdot e^{1,46c} \quad (\text{при } V = 0,2 \text{ м/с; } p = 12 \times 10^2 \text{ кПа}).$$

На рис. 6 приведены экспериментальные и расчетные точки, полученные по формулам (2). Рассогласование расчетных и экспериментальных значений съема материала составляет не более 3 %.

Для сглаживания поверхностного слоя деталей необходимо установить минимальное количество переходов технологического цикла для получения минимальных значений высотных параметров шероховатости поверхности. В конце первого цикла обработки получаем поверхность, шероховатость которой R_1 , а высотный параметр исходной до обработки шероховатости R_0 . При выполнении N циклов получим N поверхностей с промежуточными значениями высотных параметров шероховатости R_i , в соответствии с разными переходами. Количество переходов и промежуточная величина шероховатости поверхности зависит от физико-химических свойств обрабатываемой поверхности, ее формы, времени обработки, свойств и зернистости абразива.

При абразивном полировании считаем, что максимальная глубина внедрения зерна равна диаметру абразивной частицы или максимальному ее размеру. В этом случае высотные параметры шероховатости поверхности и скорость съема материала на каждом переходе пропорциональны размерам абразивных частиц:

$$R_{z_i} = \beta \cdot D_i; \quad Q_i = \alpha \cdot D_i, \quad (3)$$

где D_i – диаметр абразивных частиц на i -м переходе ($i = 1, 2, \dots, N-1$); α и β – коэффициенты пропорциональности, определяемые эмпирическим путем постоянные для данного процесса обработки.

Из равенства (3) следует, что

$$Q = \frac{\alpha}{\beta} \cdot R_{z_i}. \quad (4)$$

В табл. 1 приведены величины скорости полирования и шероховатости при обработке в течение одного часа деталей из меди различными фракциями алмазных микропорошков.

Величина припуска h , соответствующая глубине дефектного слоя:

$$h_i = k \cdot R_{z_{i+1}},$$

где k – коэффициент пропорциональности, определяющий количество материала удаляемого за время t_i ;

$$t_i = \frac{F_i}{Q_i} = \gamma \cdot \frac{R_{z_{i-1}}}{R_{z_i}}, \quad (5)$$

где $\gamma = \frac{k\beta}{\alpha}$ при $i = 1, 2, \dots, N$.

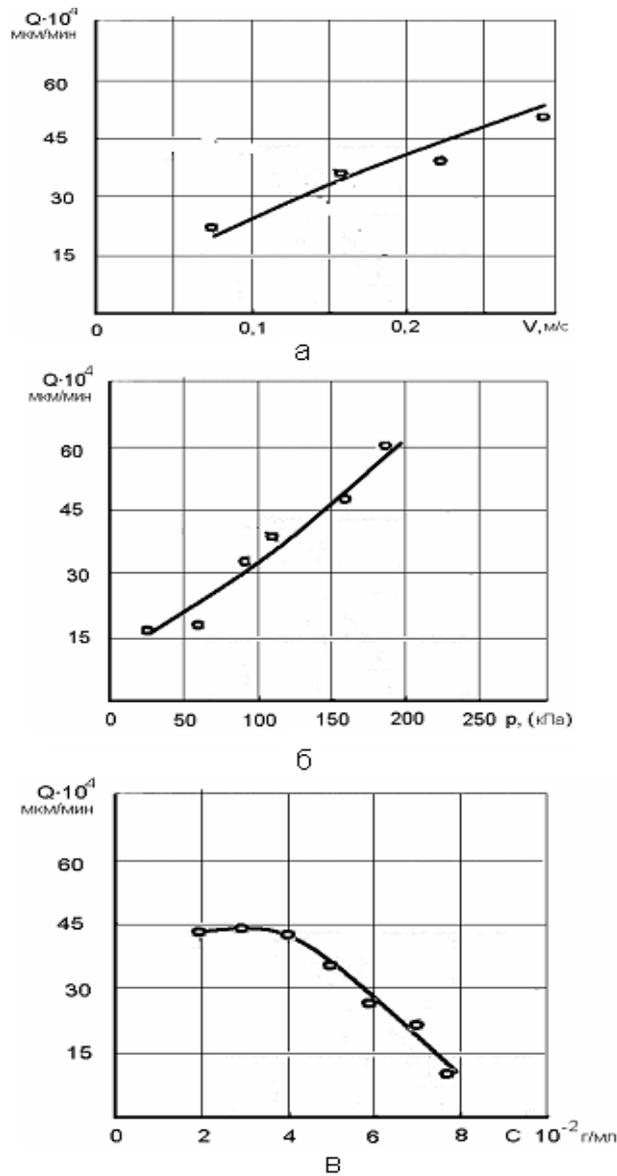


Рисунок 6 – Зависимость скорости съема Q от технологических параметров процесса абразивной обработки: а – линейной скорости V ; б – давления p ; в – плотности суспензии c

Таблица 1

Экспериментальные данные параметров абразивного полирования

Шероховатость поверхности после фрезерной обработки R_z мкм	Фракции алмазных микропорошков, АСМ	Скорость полирования, $Q \cdot 10^3$ мкм/мин	Шероховатость после полирования R_z мкм
0,32	5/3	5,325	0,032
0,32	3/2	3,225	0,05
0,32	10	1,35	0,020

Суммарное время обработки по всем циклам равно:

$$T_i = \sum_{i=1}^N t_i = \gamma \cdot \sum_{i=1}^N \frac{R_{z_{i-1}}}{R_{z_i}} \quad (6)$$

Для оптимизации процесса по критерию минимума суммарное время обработки (5) необходимо определять оптимальные значения промежуточной шероховатости поверхностей R_{z_i} ($i = 1, 2, \dots, N - 1$): $R_{z_i} = R_{z_{i-1}} = R_{z_{i+1}}$. При $i = 1, 2, \dots, N - 1$ имеем:

$$\frac{R_{z_{i-1}}}{R_{z_i}} = \frac{R_{z_i}}{R_{z_{i+1}}} \quad (7)$$

С учетом формулы (6) из уравнения (5) следует, что при оптимальном процессе обработки время переходов одинаково, т.е. $t_i = t$. Это справедливо для обработки поверхностей деталей с одинаковым значением высотных параметров шероховатости исходной поверхности. Однако, это не подтверждается для образцов с раз-

личной исходной шероховатостью поверхности, так как с уменьшением исходной шероховатости поверхности время обработки резко уменьшается. Это подтверждают и результаты эксперимента (рис. 16).

Анализ зависимостей показывает, что:

– время стабилизации процесса формирования высотного параметра шероховатости поверхности мало зависит от зернистости абразива (от М3 до М28);

– время стабилизации процесса формирования высотного параметра шероховатости поверхности существенно уменьшается с уменьшением высотного параметра исходной шероховатости поверхности до обработки. При уменьшении исходного параметра шероховатости поверхности R_a в 5,23 раза (от 34 мкм до 0,065 мкм) время стабилизации R_a обработанной поверхности уменьшается в 8 раз (от 320 с до 40 с). Таким образом, при сглаживании поверхностного слоя детали время цикла последующей финишной операции будет уменьшаться интенсивнее, чем снижение высотного параметра исходной шероховатости до обработки;

– для каждой зернистости абразивного материала существует предел по стабилизации значений высотного параметра шероховатости поверхности, а это очень важно при назначении последовательности использования рабочих сред при сглаживании поверхностного слоя деталей. Следует отметить, что этот предел будет зависеть от исходного состояния поверхности детали до обработки. Нас интересует наименьшее предельное значение R_a , достигаемое полированием поверхности в разных условиях обработки.

Оптимальные значения суммарного времени обработки можно определить из следующего выражения:

$$T = \gamma \cdot N \cdot \left(\frac{R_{z0}}{R_{zN}} \right)^{\frac{1}{N}}. \quad (7)$$

Оптимальное число циклов получим, рассматривая суммарное время T как функцию числа циклов N . Определим ее минимум:

$$N_{min} = \ln \left(\frac{R_{z0}}{R_{zN}} \right)^{\frac{1}{N}}.$$

Оптимальное значение диаметров абразивных частиц на каждом переходе:

$$D_i = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{R_{zN}^{\frac{1}{N}}}{\frac{1}{R_{z0}^{N-1}}} = \frac{1}{\beta} \cdot R_{z0} \left(\frac{R_{zN}}{R_{z0}} \right)^{\frac{1}{N}}$$

при $i = 1, 2, \dots, N$.

Проводя аналогичные вычисления для случаев обработки поверхности с изменяющимися физико-химическими свойствами, выражения примут вид:

$$T_{opt} = \gamma \cdot N \cdot \left(x \cdot \frac{R_{z0}}{R_{zN}} \right)^{\frac{1}{N}} \quad (8)$$

при

$$N = 2,3 \cdot \ln \left(x \cdot \frac{R_{z0}}{R_{zN}} \right). \quad (9)$$

Из вышеизложенного видно, что коэффициенты x и γ отражают зависимость скорости полирования от микротвердости, плотности обрабатываемого материала и зернистости алмазного микропорошка. Экспериментально установлено, что для алмазных микропорошков соответствующих зернистостей значение $x = 0,06$; $\gamma = 1,7$. Следовательно, оптимальный вариант процесса полирования с точки зрения минимальных переходов при обработке металлической зеркальной поверхности определяется только высотой шероховатости поверхности до и после обработки. Следует заметить, что минимальное число переходов зависит от физико-химических свойств абразива, исходной шероховатости поверхности $R_{z0} = D_0 \cdot \beta$, зернистости алмазных микропорошков $D_N = \beta \cdot R_{zN}$, используемых на последнем переходе. Разработанная методика была использована для оптимизации процесса полирования медной зеркальной поверхности. За исходное состояние приняты образцы с поверхностью обработанной до $R_a = 0,5$ мкм на конечном этапе обработки шероховатость составляла $R_z = 0,032 \dots 0,025$ мкм.

Тогда оптимальное число циклов равняется 3, а время (усредненное для верхней и нижней границ) составляет $T = 7,87$ мин. Исследования показали, что расчетное время от экспериментального отличается на 20 % ($T_{экон} = 9,5$ мин), что соответствует погрешности $\varepsilon = 0,01$. Для абразивных составов получили размеры зерен на соответствующих стадиях обработки: $D_1 = 3,1214 \dots 5$ мкм; $D_2 = 1,1543 \dots 2,05$ мкм; $D_3 = 0,425 \dots 0,8$ мкм, что соответствует зернистости абразивов 5/3; 3/2; 1/0.

В работе теоретически и экспериментально раскрыты закономерности формирования шероховатости поверхности при полировании абразивными материалами различной зернистости деталей из меди и алюминия. Приведено обоснование оптимальных параметров режимов полирования при обработке поверхностей указанных деталей с целью сглаживания их поверхностного слоя. На основе проведенных исследований разработана

методика расчета времени всего процесса обработки, количества переходов, времени каждого перехода и зернистости абразива на каждом переходе

На рис. 7 приведены зависимости критерия шероховатости поверхности F и контактной разности потенциалов (КРП) измеренных на поверхностях деталей из алюминиевого сплава АМГ-6. Анализируя зависимости можно сделать вывод: на предварительных стадиях обработки с применением фрезерования, точения с использованием традиционных инструментальных материалов (сталь Р18, твердый сплав и др.), гидроабразивной обработки измерение оптических характеристик связано с изменением критерия шероховатости поверхности. Применение финишных методов обработки приводит к образованию поверхностей, величина критерия шероховатости которой приближается к 1 и изменения оптических характеристик связано с изменением КРП. Поверхности деталей машин, имеющие величину F , равную единице, следует отнести к высокоотражательным или к поверхностям, имеющим низкую поглощательную способность.

Результаты эксперимента (рис. 7) показывают, что финишные методы обработки не оказывают существенного влияния на изменение значений критерия шероховатости поверхности, однако для значений КРП наблюдается существенное изменение. Следовательно, контролировать обработку поверхностей деталей машин можно параметром F и КРП для тех методов обработки, где наблюдается изменение контролируемых параметров.

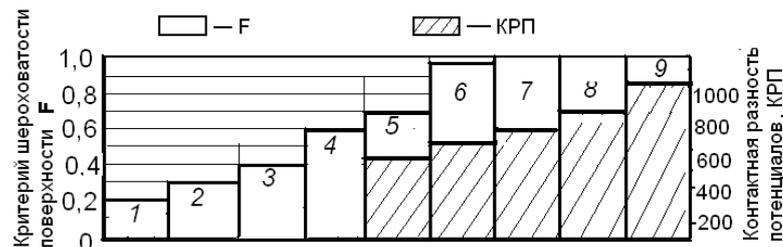


Рисунок 7 – Характер изменения оптических свойств и параметров поверхности от методов обработки деталей из сплава АМГ-6: 1 – прокат; 2 – гидроабразивная обработка; 3 – обработка металлической дробью; 4 – фрезерование твердым сплавом; 5 – фрезерование эльбором; 6 – точение твердым сплавом; 7 – полирование алмазное; 8 – выглаживание; 9 – точение алмазом (КРП – штриховка).

Таким образом, на предварительных стадиях обработки с применением фрезерования, точения традиционными методами и предварительного шлифования, гидроабразивной обработки и обработки металлической дробью изменение оптических характеристик связано с изменением критерия шероховатости поверхности, величина которого изменяется от 0,4 до 0,98. Эти методы обработки необходимо применять перед нанесением покрытий для увеличения излучательной способности. Уменьшение критерия шероховатости поверхности при гидроабразивной обработке связано с образованием на профиле шероховатости субмикронеровностей сравнимых по величине с длинами волн падающего излучения.

Применение финишных методов обработки (точение сверхтвердыми материалами, абразивное полирование или доводка), поверхностное пластическое деформирование приводит к образованию поверхностей, критерий шероховатости поверхности которых приближен к единице. Поэтому на таких поверхностях изменение оптических характеристик связано с изменением физико-химических параметров, управление оптическими характеристиками следует осуществлять через величину КРП [4, 5].

Выводы

В работе показано, что при предварительной обработке поверхностей деталей машин и достижении минимальных значений высотных параметров шероховатости поверхности контроль обработанной поверхности необходимо осуществлять путем оценки критерия шероховатости поверхности F . После финишных методов обработки контроль обработанной поверхности необходимо осуществлять путем оценки работы выхода электронов (значений контактной разности потенциалов - КРП).

Перечень источников литературы: 1. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под ред. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с. 2. Агабабов С.Г. Влияние фактора шероховатости на радиационные свойства твердого тела со случайной шероховатостью / С.Г. Агабабов // Теплофизика высоких температур, 1976. – Т. 13, №2. – С. 314–318. 3. А.С. № 905256. Дудко П. Д., Шкурупий В. Г., Назаров Ю. Ф. Доводочный алмазно-абразивный состав. – Б. И., 1982. № 6. 4. Шкурупий В.Г. Сглаживание поверхностного слоя деталей из меди и алюминия при их абразивном полировании / В.Г. Шкурупий, Ю.Ф. Назаров // Защита металлургических машин от поломок. – Мариуполь: ПДТУ, 2010. – Вип. 12. – С. 281-285. 5. Шкурупий В.Г. Підвищення ефективності технології фінішної обробки світловідбиваючих поверхонь деталей із тонкого листа і стрічок: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / В.Г. Шкурупий . – Одеса, 2006. – 21 с.