

от этого зависит величина оптических сил компонентов объектива. При малом значении разности ( $v_{1r} - v_{2r}$ ) значения оптических сил  $\varphi$  получаются большими, что приводит к малым величинам радиусов объектива и к появлению больших значений aberrаций высших порядков.

Исследования показали, что для всех комбинаций материалов в диапазоне 1,8–3,5 мкм меньшие значения  $\varphi$  имеют комбинации с кристаллами LiF, CaF<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Ge.

Был рассчитан ахромат с оптическими характеристиками:  $f' = 100$  мм; 1:3,6 для диапазона длин волн  $\lambda = 1,8-3,5$  мкм. В табл. 2 представлены значения aberrаций ахромата для точки на оси.

Отметим, что сферохроматическая aberrация на зоне не равна нулю, что дает более благоприятную коррекцию хроматизма.

Таким образом, при правильном выборе комбинаций марок материалов можно получить не только минимальное значение величины вторичного спектра, но и малые значения оптических сил линз объектива. Это позволяет применять рассмотренные материалы для расчета длиннофокусных светосильных систем.

Таблица 2  
УДК 621.91.01: 519.237

| $tg\sigma'$ | $\lambda_0 = 2,6$ мкм |             | $\lambda_1 = 1,8$ мкм |             | $\lambda_3 = 3,5$ мкм |             |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
|             | $\delta S'$           | $\delta y'$ | $\delta S'$           | $\delta y'$ | $\delta S'$           | $\delta y'$ |
| 0           | 0                     | 0           | -                     | -           | -                     | -           |
| 0,050       | 0,06                  | 0,003       | 0,20                  | 0,010       | 0,086                 | 0,004       |
| 0,10        | 0,14                  | 0,014       | 0,25                  | 0,025       | 0,209                 | 0,021       |
| 0,12        | 0,07                  | 0,009       | 0,16                  | 0,021       | 0,182                 | 0,023       |
| 0,14        | 0,05                  | 0,007       | 0,03                  | 0,004       | 0,088                 | 0,012       |

Результаты расчетов и полученные формулы могут быть использованы при проектировании новых оптических приборов.

1. Тарасов, В.В. Инфракрасные системы 3-го поколения / В.В. Тарасов, И.П. Торшина, Ю.Г. Якушенко. – М.: Логос, 2011. – 240 с.
2. Воронкова, Е.М. Оптические материалы для инфракрасной техники / Е.М. Воронкова и [др.]. – М.: Наука, 1965. – 268 с.
3. Запрягаева, Л.А. Расчет и проектирование оптических систем / Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова. – М.: Логос, 2010. – 581 с.

## СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ ПРИБОРОВ

Барандич Е.С., Выслоух С.П.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
Киев, Украина

Актуальной задачей, стоящей перед технологами, является обеспечение необходимых эксплуатационных свойств деталей приборов, поскольку их значения во многом определяют качество и надежность продукции приборостроительных предприятий.

Вопросам обеспечения заданных эксплуатационных свойств деталей посвящены работы многих ученых. Они направлены на установление количественных зависимостей, которые связывают эксплуатационные свойства с параметрами качества поверхностного слоя, а также на создание методик их технологического обеспечения.

Наибольшее влияние на эксплуатационные свойства деталей согласно [1-3] оказывают параметры шероховатости, остаточные напряжения и микротвердость поверхностного слоя.

Для определения параметров шероховатости в [1] предложено выражение:

$$R_z = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

где  $h_1$  – составляющая профиля шероховатости, обусловленная геометрией и кинематикой рабочей части инструмента;  $h_2$  – составляющая профиля шероховатости, обусловленная колебаниями инструмента относительно обрабатываемой поверхности;  $h_3$  – составляющая профиля шероховатости, обусловленная пластическими деформациями в зоне контакта инструмента и заготовки;  $h_4$  – составляющая профиля шероховатости, обусловленная шероховатостью рабочих поверхностей инструмента. Формулы для расчета этих величин получены для лезвийной обработки, абразивной обработки и отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием. Там же представлены уравнения для расчета степени упрочнения от действия силового фактора для выше указанных методов обработки.

В [4] предложены расчетные зависимости для определения глубины и степени наклепа при обработке отверстий лезвийным осевым инстру-

ментом, а в [5] приведена методика расчета технологических остаточных напряжений в поверхностном слое шлифованных деталей из коррозионно-стойкой стали с учетом технологической наследственности.

Не менее важным является установление зависимостей, связывающих эксплуатационные свойства деталей с параметрами качества поверхностного слоя. Как показано в [1-3] параметры поверхностного слоя в различной степени влияют на эксплуатационные свойства детали. Так, для предела выносливости, который определяет усталостную прочность детали, в [3] приведена следующая зависимость:

$$\sigma_{-1} = A_0 + A_1 Ra + A_2 h_H + A_3 u_H,$$

где  $h_H$  и  $u_H$  – глубина и степень наклепа поверхностного слоя;  $A_0, A_1, A_2, A_3$  – величины, зависящие от обрабатываемого материала и вида обработки.

Проф. Безъязычным В.Ф. получены зависимости, устанавливающие взаимосвязь предела выносливости от комплекса параметров качества поверхностного слоя:

при точении

$$\sigma_{-1} = m \cdot (\sigma_B / \sigma_{BЭ})^K R_z^{-0,05} h_C^{-0,147} \sigma_{ост}^{-0,09} \text{ и}$$

при фрезеровании

$$\sigma_{-1} = n \cdot (\sigma_B / \sigma_{BЭ})^L R_z^{-0,067} h_C^{-0,139} \sigma_{ост}^{-0,063},$$

где  $m, n, K, L$  – величины, зависящие от свойств обрабатываемых материалов;  $\sigma_B / \sigma_{BЭ}$  – отношение предела прочности обрабатываемого материала к пределу прочности электротехнической стали, принятой в качестве эталона;  $R_z$  – высота неровностей обработанной поверхности;  $h_C$  – глубина наклепа поверхностного слоя;  $\sigma_{ост}$  – остаточные напряжения.

В [1] выведено следующее уравнение изменения коррозионной стойкости деталей при механической обработке:

$$V_K = V_{K0} (1,1u_H^4 + 4u_H^3 - 4,1u_H^2) \times \\ \times (28 \cdot 10^6 Rv / tm^2 Sm^2)^{2/3},$$

где  $V_K$  и  $V_{K0}$  – скорости коррозии материала детали после механической обработки и до нее соответственно;  $u_H$  – степень наклепа поверхностного слоя детали;  $Rv$  – глубина сглаживания профиля;  $tm$  – относительная длина опорной линии профиля на уровне средней линии;  $Sm$  – средний шаг неровностей профиля.

Также известны работы, в которых эксплуатационные свойства связаны непосредственно с технологическими параметрами процесса обработки.

Так, авторы [6], учитывая силовую и термодинамическую схожесть процессов механиче-

ской обработки и изнашивания, предлагают энергетический параметр, определяющий износостойкость обработанной поверхности детали. Это дало возможность получить выражения интенсивности изнашивания после точения в виде:

$$I_h = \frac{fN}{3,9 \cdot 10^5 \left( 1 + 0,61 \frac{F_1}{st} \right) \frac{v}{n} l_{инд.}}$$

где,  $f$  – коэффициент трения;  $N$  – нормальная нагрузка;  $F_1 = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$  – геометрическая сумма осевой  $P_x$  и тангенциальной  $P_z$  сил резания;  $s, t, v$  – подача, глубина и скорость резания соответственно;  $n$  – частота вращения шпинделя;  $l_{инд.}$  – ширина индентора.

Полученное выражение дает возможность определять интенсивность изнашивания  $I_h$  закаленных поверхностей деталей из стали 40X (40–45 HRC<sub>3</sub>) после точения. Решая обратную задачу, можно найти режимы механической обработки, которые обеспечивают допустимую величину интенсивности изнашивания  $I_h$ .

В работе [7] представлено теоретическое описание взаимосвязи контактной жесткости с условиями обработки при торцовом точении, фрезеровании, плоском шлифовании и отделочно-упрочняющей обработке поверхностным пластическим деформированием. Однако полученные уравнения могут давать погрешность до 50%.

Таким образом, актуальной задачей является создание методики определения режимов механической обработки поверхностей деталей в зависимости от требуемых значений их эксплуатационных свойств. В данном направлении ведется активная научная работа, поскольку решение этой задачи требует создания аналитических зависимостей, которые будут связывать значения эксплуатационных характеристик деталей приборов с режимами их механической обработки, а также создания, на основе использования этих зависимостей методики назначения рациональных режимов механической обработки. Важно отметить, что при определении режимов обработки деталей приборов будет использоваться полный набор сведений о физико-механических свойствах и химическом составе обрабатываемого материала детали, что позволит учесть его реальные характеристики. Для этого, на основе методов многомерного статистического анализа, разработаны соответствующие алгоритмы и программы. К тому же для проверки и корректировки предлагаемой методики установления рациональных режимов механической обработки деталей активно используются численные ме-

тоды, в частности метод конечных элементов. Это позволяет существенно сократить время для создания методики и уменьшить количество экспериментальных исследований.

Следовательно, данная методика дает возможность еще на этапе технологической подготовки производства обеспечить необходимые значения эксплуатационных свойств деталей приборов при их механической обработке с учетом реальных значений физико-механических характеристик и химического состава обрабатываемого материала.

1. Суслов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с., ил.
2. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
3. Безъязычный, В.Ф. Технологические методы обеспечения эксплуатационных свойств и повышения долговечности деталей / В.Ф. Безъ-

язычный, Т.Д. Кожина, Ю.К. Чарковский. – Ярославль: ЯПИ, 1987. – 87 с.

4. Безъязычный, В.Ф. Расчетный метод определения глубины и степени наклепа при обработке отверстий лезвийным осевым инструментом / В.Ф. Безъязычный, А.В. Баранов // Вестник машиностроения. – 2002. – №6. – С. 65-66.
5. Киселев, Е.С. Определение остаточных напряжений в поверхностном слое деталей с учетом технологической наследственности / Е.С. Киселев, О.В. Благовский // Вестник машиностроения. – 2011. – №6. – С. 33-36.
6. Суслов, А.Г. Одноступенчатое технологическое обеспечение износостойкости цилиндрических поверхностей деталей машин / А.Г. Суслов, Д.М. Медведев // СТИН. – 2010. – №8. – С.22-26.
7. Хондажко, В.А. Одноступенчатое технологическое обеспечение контактной жесткости плоских поверхностей деталей машин: дис. к.т.н.: спец.: 05.02.08. – технология машиностроения / В.А. Хондажко. – Брянск, 2007. – 157 с.

УДК 53.4

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АНАЛИЗА ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ РАННЕЙ МЕЛАНОМЫ КОЖИ В ПАКЕТЕ МАТЛАВ

Баркалин В.В., Лозовский В.Э.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Проблема ранней диагностики меланомы кожи приобретает все большее значение в связи с ростом этого заболевания по всему миру. На долю меланомы кожи (МК), которая по сегодняшний день остается главной причиной смерти больных в онкодерматологии, приходится 3-5 % от всех первичных злокачественных опухолей кожи. Пигментные и пигментированные образования, под маской которых может скрываться меланома, встречаются у 90% населения. Ежегодный прирост заболеваемости МК по данным [1] составляет 3-7 %, а летальность больных в течение первого года после установления диагноза достигает 15%.

В связи с недостаточным количеством специалистов – онкодерматологов ранняя диагностика меланомы кожи должна проводиться в неспециализированных учреждениях типа районных поликлиник средним медицинским персоналом, что возможно только на базе компьютерных систем диагностики с встроенными алгоритмами, основанными на данных экспертных систем, содержащих постоянно обновляющиеся базы знаний и оценок высококвалифицированных специалистов.

На консенсусной конференции по дерматоскопии в 2001 г. [2] было выделено три основных признака, отличающих меланому от других доброкачественных пигментных образований кожи: 1) дерматоскопическая асимметрия пигментации и строения; 2) атипичная пигментная сеть; 3) бело-голубые структуры [3]. Эти признаки достаточно просто могут быть оценены методами анализа изображений.

Для определения факта асимметрии образования первым шагом является определение границы его изображения, для чего используется фильтр Собеля. Это дискретный дифференциальный оператор, вычисляющий приближенное значение градиента яркости изображения. Оператор Собеля основан на свертке изображения с целочисленными

фильтрами в вертикальном и горизонтальном направлениях. Строго говоря, оператор использует ядра  $3 \times 3$ , с которыми сворачивают исходное изображение для вычисления приближенных значений производных по горизонтали и по вертикали используемая им аппроксимация градиента достаточно грубая.