

следа. Показано существенное влияние на структуру и параметры течения в области аэродинамического следа за ЗЭ его собственного газовыделения.

Показаны преимущества использования области сверхглубокого вакуума за ЗЭ для получения новых тонкопленочных полупроводниковых материалов с уникальными свойствами.

*O. P. Pchelyakov, L. V. Sokolov*

A. V. Rzhanov Institute of Physics of Semiconductors, Russian Academy of Science,  
Siberian Branch, Russia, Novosibirsk

*L. L. Zvorykin*

Moscow Physics-and-Technical Institute, Russia, Dolgoprudnyi

*L. V. Mishina, A. N. Krylov*

JSC «Space-Rocket Corporation „Energy“», Russia, Korolyov

### PROSPECTS OF REALIZATION SEMI-CONDUCTOR NANOTECHNOLOGY IN CONDITIONS OF ORBITAL FLIGHT

*Some scientific and technical aspects of development of space vacuum technology for growth semi-conductor multilayered nanoheterostructures are presented; it is shown, that the method molecular-beam epitaxy at realisation in superdeep space vacuum has clear advantages in comparison with terrestrial analogues.*

© Пчеляков О. П., Соколов Л. В., Зворыкин Л. Л., Мишина Л. В., Крылов А. Н., 2009

УДК 681.7.055

*С. Н. Решетникова, Г. Ф. Краева*

Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М. Ф. Решетнева, Россия, Красноярск

### ЧИСТОТА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

*Рассмотрена чистота поверхности (шероховатость) и ее влияние на эксплуатационные характеристики металлоизделий.*

Прежде чем изготовить какое-либо изделие машиностроения разрабатывается его конструкция, производятся расчеты и готовится его сборочный чертеж, а также чертежи входящих в него агрегатов, узлов и деталей. Затем составляются технологические карты на изготовление деталей, в которых указываются размеры детали с допусками и припусками на обработку, содержатся сведения о сплаве, видах и марках оборудования, на котором детали будут изготавливаться, а также класс чистоты поверхности (шероховатость).

Согласно определению, приведенному в БСЭ, шероховатость поверхности (ШП) представляет совокупность неровностей, образующих микро-рельеф поверхности детали, что определяет точность изготовления детали. Шероховатость поверхности возникает, главным образом, вследствие пластической деформации поверхностного слоя заготовки при ее обработке на различном оборудовании из-за неровностей режущих кромок

инструмента, трения, вырывания частиц материала с поверхности заготовки, вибрации заготовки и инструмента и т. п. ШП является важной характеристикой, влияющей на такие эксплуатационные свойства деталей и узлов машин, как износостойкость трущихся поверхностей, усталостная прочность, коррозионная устойчивость, сохранение натяга при неподвижных посадках и т. п. Требования к ШП устанавливают, исходя из функционального назначения поверхностей деталей и их конструктивных особенностей.

В соответствии с технологическим циклом металлические заготовки (отливки, поковки, прокат и пр.) обрабатываются на различных металлорежущих станках (токарные, фрезерные, строгальные, сверлильные, шлифовальные и др.), на которых с помощью соответствующего режущего инструмента с заготовок срезается часть металла (припуск на механическую обработку), в результате чего заготовка доводится до

размеров детали, предусмотренных сборочным чертежом.

При этом качество обработанной поверхности оценивается классом чистоты: 1–3 классы – грубая обдирочная обработка (точение, фрезерование, строгание); 4–6 классы – получистовая обработка; 7–9 классы – чистовая обработка (шлифование, тонкое точение, протягивание, развертывание и т. п.); 10–14 классы – доводочная обработка (притирка, суперфиниш, хонингование и др.).

Согласно ГОСТ 2789–73 ШП обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции [1].

Для измерения ШП обычно применяют следующие методы: контактный – щуповыми приборами (профилометры и профилографы) и бесконтактный – оптическими приборами. В машиностроении часто используют визуальный метод, сравнивая контролируемую поверхность с поверхностью образца или детали, шероховатость поверхности которой аттестована.

Количественно ШП оценивают следующими параметрами (одним или несколькими): средним арифметическим отклонением профиля  $R_a$ , высотой неровностей профиля по 10 точкам  $R_z$ , наибольшей высотой неровностей профиля  $R_{max}$ , средним шагом неровностей  $S_m$ , средним шагом неровностей по вершинам  $S$ , относительной опорной длиной профиля  $t_p$ . Числовые значения параметров шероховатости, типы направлений неровностей поверхностей (параллельное, перпендикулярное, кругообразное и др.) установлены стандартом. Выбор параметров ШП зависит от конструкции деталей и функционального назначения их поверхностей. Например, для трущихся поверхностей ответственных деталей устанавливают допустимые значения  $R_a$  (или  $R_z$ ),  $R_{max}$ ,  $t_p$  и направление неровностей; для поверхностей циклически нагруженных ответственных деталей –  $R_{max}$ ,  $S_m$  и  $S$  и т. п.

Классы шероховатости с 6-го по 14-й разделяются на разряды *a*, *b*, *v*. В классах 1–5, 13 и 14 не применяют параметр  $R_a$ , а в классах 6–12 – пара-

метр  $R_z$ , что вызвано необходимостью однозначного определения класса ШП при различных методах контроля. Значение  $R_a$  указывают только числом, а другие параметры – с символом, например  $R_z3,2$ . Указанное числовое значение ограничивает наибольшую ШП по параметрам  $R_a$  или  $R_z$ . Поверхности в состоянии поставки или обработанные без снятия стружки обозначают символом  $\sqrt{\phantom{x}}$ , а при обработке со снятием стружки  $\nabla$ .

Начальная ШП, которую детали получают после их изготовления и сборки, изменяется в процессе приработки. Получающаяся после приработки (при трении качения, трении скольжения и др.) ШП, обеспечивающая минимальный износ и сохраняющаяся в ходе длительной эксплуатации машин, называется оптимальной шероховатостью. Параметры оптимальной ШП зависят от конструкции и материала трущихся деталей, качества смазки и других условий работы.

Существенный вклад в повышение чистоты поверхности деталей, отливаемых в кокиль, вносит использование в огнеупорных красках, применяемых для окраски рабочей полости кокиля, нанопорошков тугоплавких химических соединений [2]. Так, при использовании для этой цели краски, содержащей нанопорошок  $Si_3N_4$  (3,92 %  $Si_3N_4$  + 5,88 %  $ZnO$  + 11,76 % жидкого стекла  $Na_2SiO_3$ , остальное – вода), шероховатость поверхности отливаемых в нее из алюминиевого сплава АК7ч трехлопастных винтов уменьшилась в 1,6 раза, что повышает ходовые качества винта. Повышение чистоты поверхности при этом объясняется тем, что частицы нанопорошка  $Si_3N_4$ , размеры которых не превышают 100 нм ( $1 \text{ нм} = 1 \cdot 10^{-9}$ ), заполняют пустоты между более крупными частицами  $ZnO$ , что обеспечивает получение более ровного покрытия на поверхности формы.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. М. : Изд-во стандартов, 1973.
2. Крушенко, Г. Г. Новая кокильная краска для отливок из алюминиевых сплавов / Г. Г. Крушенко, Б. А. Балашов, З. А. Василенко // Литейное производство. 1995. № 6. С. 26.

*S. N. Reshetnikova, G. F. Kraeva*

Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev, Russia, Krasnoyarsk

#### THE SURFACE FINISH OF HARDWARE ITEMS

*The surface finish (roughness) and its effect on performance characteristics of hardware items is shown.*

© Решетникова С. Н., Краева Г. Ф., 2009