

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»  
Студенческое научное общество БарГУ

# **СОДРУЖЕСТВО НАУК. БАРАНОВИЧИ-2016**

Материалы XII Международной  
научно-практической конференции  
молодых исследователей

(Барановичи, 19—20 мая 2016 года)

В трёх частях

Часть 2

Барановичи  
БарГУ  
2016

В части 2 сборника материалов XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей «Содружество наук. Барановичи-2016» представлены результаты исследований в области физики и математики, а также рассмотрены актуальные проблемы в области информационных систем и технологий в образовании, науке и технике. Особое внимание уделено современным тенденциям в технологиях и материалах машиностроительного и сельскохозяйственного производств, а также экономическим аспектам развития предприятия, региона.

Сборник адресован научным работникам, аспирантам, магистрантам и студентам инженерных и экономических специальностей учреждений высшего образования.

Редакционная коллегия:

А. В. Никишова (гл. ред.), Ю. Е. Горбач, В. Н. Кременевская (отв. секретари), Е. Н. Кирюхова,  
О. И. Наранович, А. К. Гавриленя, М. В. Нерода, В. Н. Познякевич, Г. Я. Житкевич

Рецензент

кандидат технических наук, заведующий лабораторией механофизики гетерогенных систем  
Государственного научного учреждения «Физико-технический институт  
Национальной академии наук» А. М. Милюкова

---

*Научное издание*

СОДРУЖЕСТВО НАУК.  
БАРАНОВИЧИ-2016

Материалы XII Международной  
научно-практической конференции  
молодых исследователей

(Барановичи, 19—20 мая 2016 года)

*На русском, белорусском, английском языках*

В трёх частях

Часть 2

Ответственный за выпуск Е. Г. Хохол  
Технический редактор А. Ю. Сидоренко  
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак  
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 04.10.2016. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага ксероксная.

Отпечатано на копировально-множительной технике. Усл. печ. л. 28,00. Уч.-изд. л. 25,10. Тираж 9 экз. Заказ 681.

Учреждение образования «Барановичский государственный университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя № 1/424 от 09.09.2016.  
Ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи. Тел. 8 (0163) 45 46 28, e-mail: rio@barsu.by .

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ШЛИФОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Введение.** Обеспечение и повышение качества изделий машиностроения — задача многоплановая. Особую роль в её решении играет технология машиностроения, так как именно через неё реализуются новые конструкторские разработки, обосновывается заданная точность деталей машин, свойства поверхностного слоя (далее — ПС) и качество сборки.

В процессе эксплуатации ПС деталей подвергается наиболее сильному механическому и физико-химическому воздействию. Поэтому в подавляющем большинстве случаев разрушение деталей начинается с ПС [1]. По мнению аналитика К. С. Колесникова о роли ПС в проблеме качества машин: «основными технологическими методами машиностроительных производств создаются машины, которые при рациональных конструктивных формах и правильном выборе материалов могут быть лёгкими, жёсткими и прочными. Однако долговечность работы машин будет зависеть от того, как быстро или медленно будут изнашиваться различные трущиеся поверхности, как быстро или медленно будут возникать и развиваться трещины, особенно при знакопеременных нагрузках, т. е. долговечность будет зависеть от качества ПС детали» [2].

**Основная часть.** Актуальность проблемы качества ПС за последние годы не только не уменьшалась, но ещё более возросла. Основными причинами этого являются: 1) повышение требований к качеству машин, в первую очередь к их надёжности и долговечности; 2) усложнение условий работы машин в связи с интенсификацией режимов, повышением рабочих параметров, воздействием окружающей среды (высоких температур, давлений, агрессивных среды др.); 3) всё более широкое использование высокопрочных, жаропрочных, жаростойких, коррозионных сталей и сплавов, материалов со специальными свойствами в виде монокристаллов и поликристаллов (на основе титана, никеля, кобальта, вольфрама, молибдена, ниобия и др.), которые обладают высокой чувствительностью к состоянию ПС; 4) необходимость изготовления ультрапрецизионных деталей и создания технологий, обеспечивающих точность деталей, измеряемую микронами, шероховатость и искажённый ПС — нанометрами (10 м), особые физико-химические свойства ПС (отражательную способность, лучевую стойкость, выход электронов и др.).

Одной из основных характеристик физико-химического состояния ПС деталей является значение, знак (растяжение или сжатие) и характер распределения (эпюра) остаточных напряжений. Они оказывают влияние практически на все эксплуатационные свойства деталей [3].

Материал многих высоконагруженных деталей работает на пределе своих возможностей. Требуемый ресурс их работы может быть обеспечен только путём создания ПС, обладающего максимальными эксплуатационными свойствами в заданных условиях работы [4].

Известны случаи, когда несоблюдение требуемых свойств ПС приводило к преждевременному выходу из строя отдельных деталей машин. При этом технология обработки обеспечивала заданные конструктором требования по точности и шероховатости поверхности. Но этого оказалось недостаточно. Исследования показали, что для особых условий работы деталей, работающих в условиях высоких температур, давления и др. существенное влияние на прочность оказывает не только шероховатость поверхности, но также деформационное упрочнение ПС и технологические остаточные напряжения.

В пластически деформированном металле ПС в условиях высоких нагрузок более активно протекают процессы деформационного старения, которые сопровождаются снижением пластических свойств металла, его охрупчиванием (уменьшается относительное удлинение, сужение, ударная вязкость). Остаточные напряжения растяжения интенсифицируют процесс коррозионного растрескивания ПС отверстий. Эти примеры показывают, что для ответственных деталей машин, работающих в сложных эксплуатационных условиях, недостаточно устанавливать и обеспечивать требования к ПС только по параметрам шероховатости:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\max}$ ,  $S$ ,  $S_m$ ,  $t_p$ . Необходимо также регламентировать глубину и степень наклёпа, остаточные напряжения, вид и размер допустимых поверхностных дефектов, устанавливать методы контроля дефектов [5].

Исследования, проведённые на ОАО «Барановичский завод станкопринадлежностей», показали, что при нерациональных методах и режимах обработки в ПС деталей машин могут возникать дефекты в виде прижогов различной интенсивности, слоя с изменённой микроструктурой, слоя с изменённым химическим составом, микротрещинами, адгезионными налипками, глубокими рисками.

Шлифовочные прижоги образуются в результате возникновения высоких температур в зоне шлифования. Их появление сопровождается газонасыщением, изменением структуры ПС, образованием больших остаточных напряжений растяжения и микротрещин. Они обуславливаются среднеконтактными температурами шлифования. При больших скоростях резания ( $v > 30$  м/с), малых продольных подачах ( $S_{np} < 600$  м/мин) и больших глубинах

резания ( $t > 0,01$  мм) среднеточная температура достигает  $950^{\circ}\text{C}$  и более, пленки на обработанной поверхности приобретали сине-фиолетовый цвет. Снижение скорости шлифования до  $10...15$  м/с практически исключает появление прижогов.

Распространенным видом дефектов поверхности являются адгезионные налипы. При малом увеличении они видны на поверхности как многочисленные светлые пятна разной формы и размеров. При большом увеличении на этих белых пятнах просматривается сетка микротрещин, перпендикулярных к следам обработки, что указывает на хрупкий характер разрушений. Налипы представляют собой остатки стружки в виде сильно окисленного и оплавленного металла, попавшего на обработанную поверхность со шлифовального круга.

Дефекты в виде адгезионных налипов имеют место при сухом шлифовании с высокими скоростями резания, когда температура в зоне резания достигает значительной величины, стружка находится в расплавленном состоянии, а зона резания и формирования ПС не очищается от продуктов шлифования (шлама).

Исследования под микроскопом показали, что поверхность многих деталей после шлифования весьма неоднородна, покрыта нерегулярными впадинами и наплывами, ориентированными в направлении резания. Многие впадины имеют вид узких канавок с рваными краями. Отдельные канавки проникают глубоко в металл, что характерно для сухого шлифования, при котором выпавшие с круга крупные абразивные зерна не смываются с обработанной поверхности, а участвуют в процессе шлифования, образуя глубокие риски.

Отсутствие удаления отходов шлифования ведет к тому, что многие микроканавки забиты плотными сгустками шлама, микротвердость которого доходит до  $104$  МПа. Вследствие боковых пластических деформаций микровыступов при шлифовании края некоторых канавок сходятся и при внешнем осмотре под микроскопом они кажутся меньшей ширины, чем на самом деле. При шлифовании на низких скоростях резания ( $v < 15$  м/с) и с небольшими силами  $P_y$  ( $P_y < 15$  Н) изменений в микроструктуре и микротвердости ПС практически не происходит.

Шлифование крупнозернистым кругом со скоростью  $v = 35$  м/с и  $P_y = 70$  Н вызывает существенное изменение микроструктуры ПС на большую глубину.

Кроме пластических деформаций в ПС при шлифовании протекают сложные физико-химические процессы: диффузия кислорода, водорода, азота и других элементов; образование оксидов, гидридов, нитридов и других химических соединений, охрупчивающих ПС. Все эти процессы приводят к неоднородным фазово-структурным превращениям в ПС, временным и остаточным напряжениям растяжения, которые могут вызвать образование микротрещин.

**Заключение.** Таким образом, проблема обеспечения требуемого качества ПС и эксплуатационных свойств деталей машин становится все более актуальной. Однако до настоящего времени не известны зависимости между параметрами состояния ПС, эксплуатационными свойствами деталей и параметрами процессов механической обработки, позволяющие решать задачу технологического обеспечения заданных эксплуатационных свойств.

По мнению технологической лаборатории Барановичского завода автоматических линий назрела необходимость сосредоточить внимание на решении следующих задач, связанных с состоянием ПС: 1) установлении теоретических и экспериментальных зависимостей характеристик состояния ПС от методов и режимов обработки с учетом технологической наследственности; 2) выявлении физической сущности, установлении общих закономерностей влияния характеристик ПС на эксплуатационные свойства деталей; 3) создании методических и нормативных материалов по проектированию технологий, обеспечивающих заданные эксплуатационные свойства деталей; 4) создании неразрушающих методов и средств измерения и контроля параметров состояния ПС, как объекта технологического управления качеством обработки деталей и их эксплуатационными свойствами.

#### Список цитируемых источников

1. Маталин А. А. Технология машиностроения. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. 496 с.
2. Там же.
3. Там же.
4. Там же.
5. Там же.