

Получение регулируемой шероховатости металлических поверхностей в вакуумном дуговом разряде

77-48211/531539

02, февраль 2013

Аникеев В. Н., Докукин М. Ю.

УДК 537.5, 621.7

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

dmv252@bmstu.ru

Введение

В практике современной науки и техники существует потребность в создании шероховатых поверхностей металлических изделий.

Перечислим ряд областей, где определенная шероховатость поверхности положительным образом влияет на эксплуатационные характеристики конструкций.

1) Улучшение адгезионных свойств различных покрытий, в том числе лакокрасочных.

2) Улучшение эргономических и декоративных характеристик в требуемых случаях, например, придание необходимой шероховатости контактируемой поверхности изделия, как в известном технологическом процессе механической накатки.

3) Снижение износа трущихся деталей (минимальный износ получается не на гладких поверхностях, а при некоторых оптимальных значениях неровностей из-за лучшего удержания смазки) [1 - 5].

4) Повышение коэффициента теплоотдачи от поверхности при оптимальной ее шероховатости (интенсификация теплообмена за счет увеличения общей теплоотдающей поверхности и изменения характеристик течения теплоносителя) [6].

5) Улучшение гидро- и аэродинамических характеристик при обтекании тел жидкостями и газами с отрывом потока в определенных диапазонах чисел Рейнольдса [7].

6) Стимулирование адгезионных процессов на участках контакта с костной тканью медицинских имплантов в стоматологии и ортопедии (необходима шероховатая, хорошо смачиваемая поверхность импланта, содержащая неровности, соразмерные клеткам ткани) [8, 9].

В настоящее время шероховатые поверхности получают, в основном, методами порошковой металлургии, пескоструиванием и плазменным напылением. Этим способам присущи недостатки. Так, изделия порошковой металлургии обладают иными механическими свойствами по сравнению с характеристиками исходного материала (появляется пористость, повышается хрупкость) [10], при пескоструивании возможно внедрение песчинок в материал-основу [11], при плазменном напылении существует проблема адгезии покрытия и затруднена обработка изделий сложной формы (впадины, теневые участки) [12].

Имеется большое количество работ (см., например, фундаментальные обзоры в сборнике [13]), посвященных изучению электродных процессов в вакуумных дуговых электрических разрядах. Поверхности электродов в результате электротермического воздействия катодных (или анодных) быстроперемещающихся пятен становятся шероховатыми. Однако, в этих и многочисленных последующих работах, посвященных изучению вакуумных дуг и их разнообразным техническим применениям, не ставилась цель получения заданной шероховатой поверхности на изделиях различных форм и, главное, - управления степенью (количественными параметрами) шероховатости.

В связи с этим была поставлена цель – получить необходимую шероховатость поверхностей изделий без каких-либо сторонних механических воздействий на материал-основу и без какого-либо осаждения материалов, формирующих поверхностный слой.

Краткое описание предлагаемого метода получения шероховатости и результаты обработки

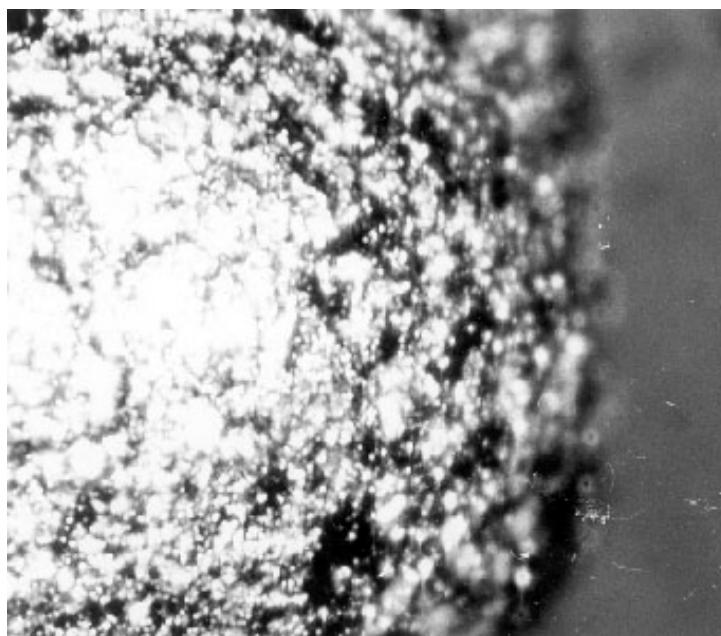
В данной работе впервые исследована возможность получения регулируемых шероховатых поверхностей на образцах из титанового сплава и нержавеющей стали электротермическим воздействием движущихся катодных пятен в вакуумном дуговом разряде. Хаотически перемещающиеся пятна, обладающие высоким удельным энерговыделением ($\sim 10^7$ Вт·см⁻²), обрабатывают поверхностный слой изделия, придавая ему необходимую шероховатость. Размеры шероховатостей регулируются током и временем воздействия разряда, давлением в вакуумной камере и рядом других параметров. На рисунках 1 и 2 представлены фотографии конических титановых образцов с характерными результатами обработки их поверхностей. Рисунок 3 иллюстрирует возможности метода применительно к обработке протяженных цилиндрических поверхностей.

Главными достоинствами метода являются:

- обеспечение шероховатости поверхностного слоя основного материала изделия;
- возможность получения однородной шероховатой поверхности изделия сложной конфигурации (винтовая, полая, каркасная) в силу специфического характера движения катодных пятен, проникающих на труднодоступные участки поверхности;
- электротермическое воздействие катодных пятен дополнительно очищает поверхность от различных загрязнений, так как пятна, в первую очередь, воздействуют на участки с меньшей работой выхода материала (это места окислов, карбидов, нитридов и других веществ, определяющих тот или иной характер загрязнений).

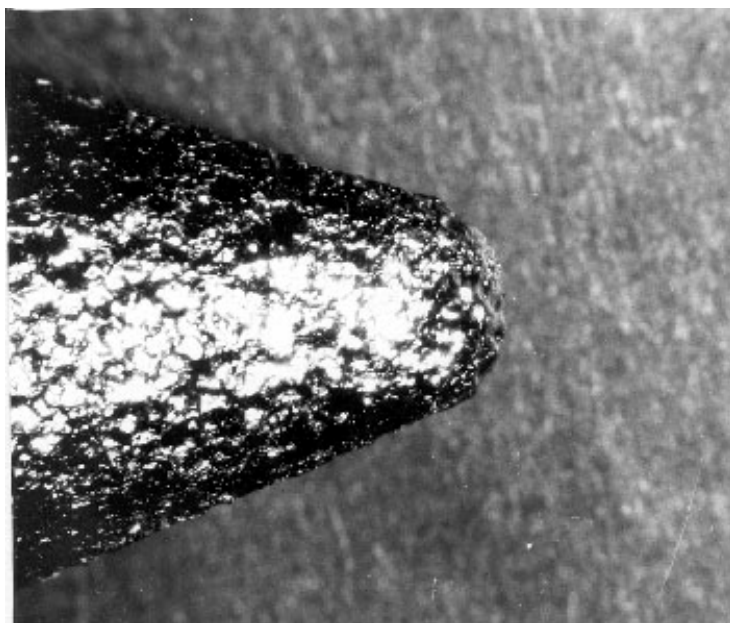


а)

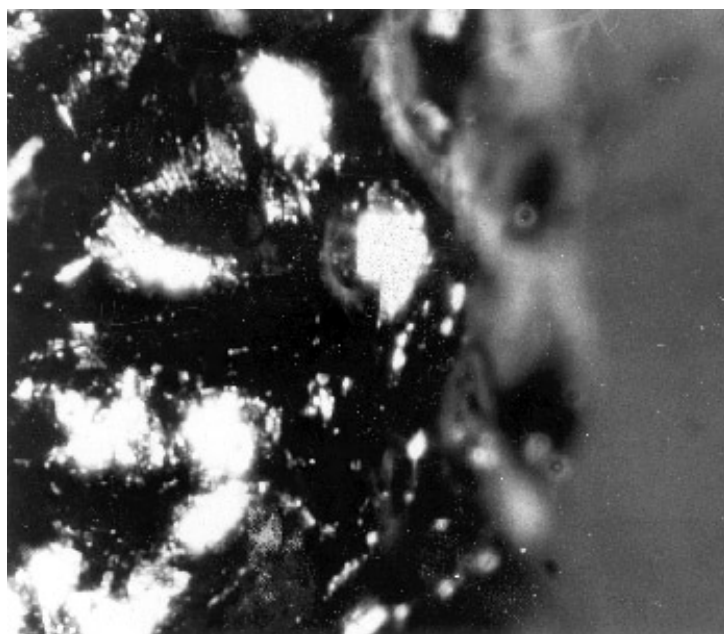


б)

Рис. 1. Минимальная шероховатость поверхности, полученная электродуговым вакуумным методом: а – увеличение $\times 8$, б – увеличение $\times 56$.

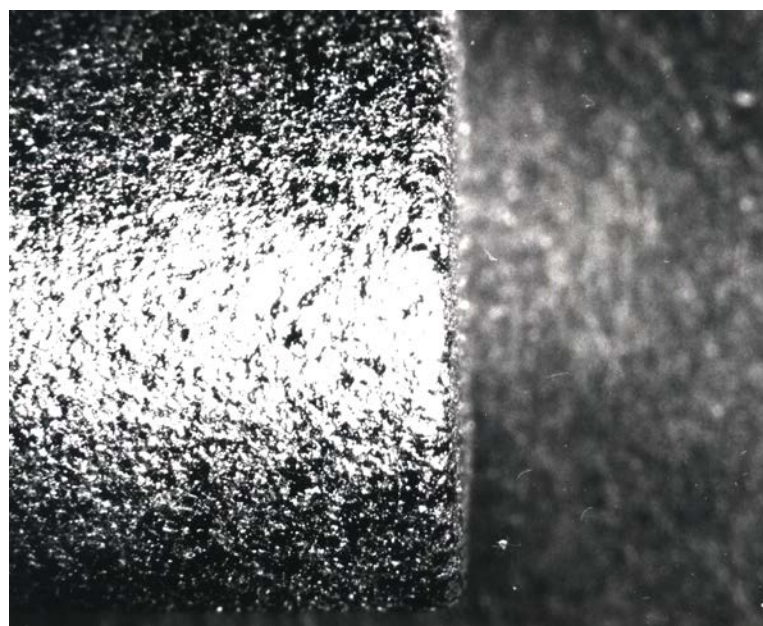


а)

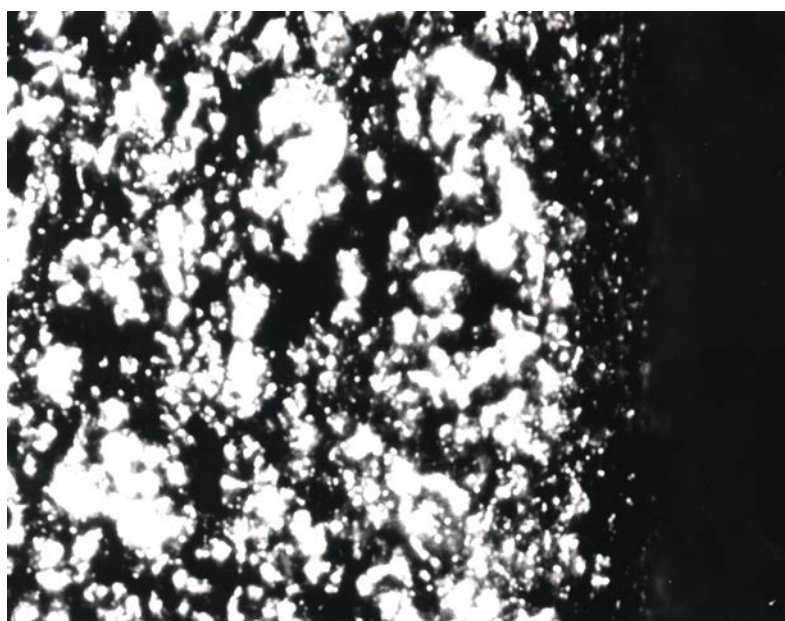


б)

Рис. 2. Максимальная шероховатость поверхности, полученная электродуговым вакуумным методом: а – увеличение $\times 8$, б – увеличение $\times 56$.



а)



б)

Рис. 3. Характерные виды макрошероховатой поверхности, полученной на цилиндрических образцах: а – увеличение $\times 8$, б – увеличение $\times 56$.

Выводы

1) Проведен краткий обзор работ, в которых рассматривается влияние микрошероховатости рабочих поверхностей на получение необходимых эксплуатационных характеристик изделий.

2) Предложен метод получения регулируемой шероховатости на металлических поверхностях электротермическим воздействием подвижных катодных пятен в вакуумном дуговом разряде. Представлены результаты обработки различных по форме поверхностей с помощью данного метода.

3) Проведен качественный сравнительный анализ возможностей известных существующих методов получения шероховатых поверхностей и предложенного метода подвижных катодных пятен (МПКП). Подчеркнуты преимущества и широкие возможности МПКП.

Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника: учебное пособие / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. – М.: КНОРУС, 2012. – 408 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Краткий курс / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 308 с.
3. Гаркунов Д.Н. Научные открытия в триботехнике. Эффект безысносности. Водородное изнашивание металлов. – М.: Изд-во МСХА, 2004. – 384 с.
4. Костецкий Б.И. Трение, износ и смазка в машинах. – Киев: Техника, 1979. – 396 с.
5. Поляков А.А. Трение на основе самоорганизации / А.А. Поляков, Ф.И. Рузанов. – М.: Наука, 1992. – 135 с.
6. Фоменко Л.А. Теплообмен при нагреве поверхности с искусственной субмиллиметровой шероховатостью // Л.А. Фоменко, Л.Г. Ловцова. - Поверхность: рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2010. - № 2. - С. 109-112.

7. Роговой Ю.А. Исследование влияния шероховатости наружной поверхности подводных объектов на их гидродинамические характеристики: дис. ... канд. техн. наук: 05.08.01 / Роговой Юрий Алексеевич. – СПб., 2005. – 136 с.
8. Вильямс Д.Ф. Имплантаты в хирургии / Д.Ф. Вильямс, Р. Роуф. – М.: Медицина, 1978. – 552 с.
9. Букаев М.Ф. Дентальная имплантология / М.Ф. Букаев, А.О. Суров, О.Н. Суров. – Алматы: Раритет, 2004. – 104 с.
10. Роман О.В. Актуальные проблемы порошковой металлургии / О.В. Роман, В.С. Аруначалам, И.М. Федоренко и др. – М.: Металлургия, 1990. – 231 с.
11. Козлов Д.Ю. Бластинг: Гид по высокоэффективной абразивоструйной очистке. – Екатеринбург: ООО «ИД «Оригами», 2007. – 216 с.
12. Русинов П.О. Формирование наноразмерной структуры при плазменном напылении механоактивированного порошка из материала с эффектом памяти формы на основе TiNiCu // П.О. Русинов, Ж.М. Бледнова, И.С. Мышевский, А.П. Юркова. – Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14. - № 1(2). – С. 577-581.
13. Кобайн Дж. Вакуумные дуги: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Лафферти / Дж. Кобайн, Г. Эккер, Дж. Фаррелл и др. М.: Мир, 1982. – 432 с.