

Б. Антошевский, д.т.н., профессор, Политехнический университет, г. Кельце (Польша)
В.Б. Тарельник, д.т.н., профессор, Сумський національний аграрний університет

Представлені результати текстурування металеві поверхні лазерним і електроерозійним методом. Визначена перспектива їх використання в торцевих ущільненнях безконтактного типу.

Постановка проблемы в общем виде.

Классическая теория уплотнения в отношении к торцовым уплотнениям основана на решении модели течения жидкости через плоскую щель с небольшой высотой. В настоящее время эти модели не являются источником современных мнений, касающихся объяснения процессов, протекающих в щели, а их практическое значение ограничивает значительная зависимость от ее высоты. Определение высоты щели сводится к использованию эмпирических формул, применяемых для определенных материалов, а также технологий поверхностной обработки. В отдельных случаях целесообразно принимать высоту щели как переменную величину. Такой подход позволяет рассматривать модель уплотнения с постоянной либо переменной высотой щели, а также с эксцентриситетом, относительно работающих поверхностей и их шероховатостью. Эти факторы могут рассматриваться как совместно, так и раздельно. Практическая ценность модели, связывающей многие факторы, влияющие на геометрию щели, имеет ограничения из-за трудностей в определении воздействия этих факторов. В настоящее время при исследовании процессов, протекающих в щели торцевого уплотнения, все чаще используют модели, с неоднородными поверхностями. В качестве неоднородных поверхностей понимают поверхности, содержащие отдельные регулярные области, которые можно описать иными, чем остальные части поверхности, геометрическими, физико-механическими и физико-химическими свойствами. При создании областей с неоднородными поверхностями используются другие технологии, чем для остальной поверхности. Неоднородности могут быть представлены как:

- углубления в поверхности колец скольжения, (канавки, шлицы и т.п.), сформированные фрезерованием, химическим травлением, лазерной обработкой и др.;

- области, обладающие другими физико-химическими и механическими свойствами, например, поверхности с различной местной твердостью и механической прочностью полученные путем локальной поверхностной обработки: лазером, электроэрозионным легированием (ЭЭЛ), химико-термической обработкой и др.;

- области с разной микрогеометрией поверхности, например, эродированные в точке (лазерная обработка) или имеющие сформированную микрогеометрию поверхности в пределах ее несущей области (лазерные и электроэрозионные технологии).

Анализ последних исследований и публикаций.

В настоящее время, в соответствии с новыми технологиями (лазерные, электроэрозионные и др.) наблюдается повышенная заинтересованность в текстурировании поверхности. Этот метод все чаще применяется с целью увеличения несущей способности пары трения скольжения и уменьшения сопротивления при трении. Метод имеет широкое применение при изготовлении уплотнений [1].

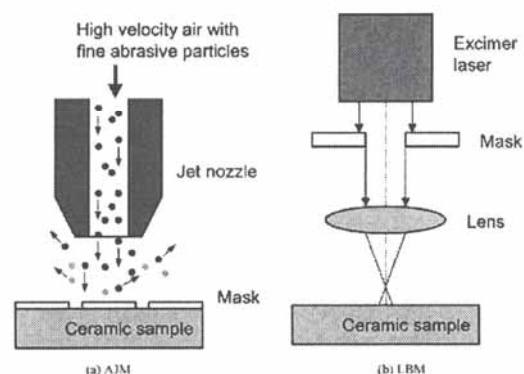


Рисунок 1 - Схема эрозионного и лазерного метода текстурирования поверхности [2]

Различают много различных методов текстурирования поверхности. Основными из них являются методы химического травления через маску (оболочку), эрозионные и электроэрозионные методы, а также методы с использованием лазерной техники. На рис. 1 указана схема эрозионного и лазерного методов текстурирования поверхности. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

В случае использования лазерной техники, которая может применяться в различных вариантах при единичном импульсе лазерного излучения, в зависимости от параметров лазерного пучка, а также свойств материала, возможным ста-

новится формирование углублений в виде S, V и W (рис. 2).

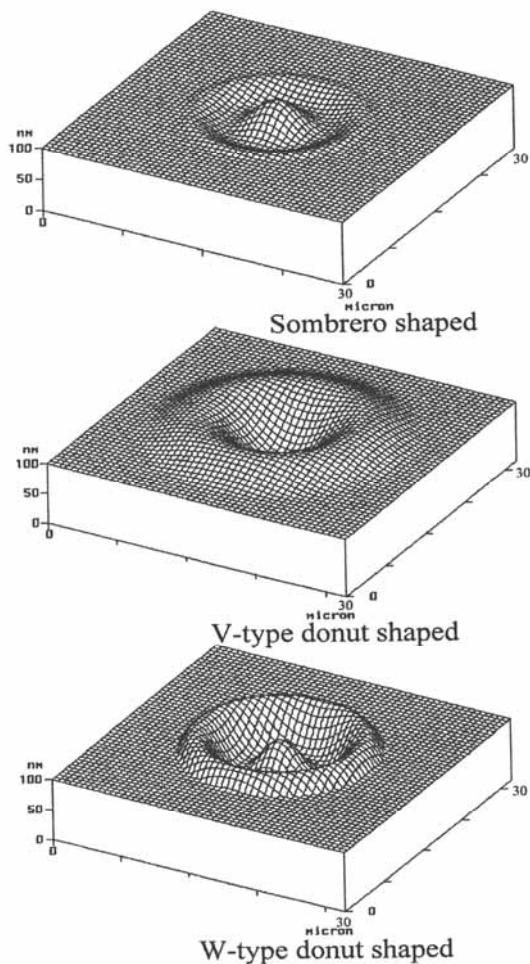


Рисунок 2 - Модельные формы углублений, полученные в результате единичного импульса лазера [3]

Независимо от формы углубления и окружающей среды возникают изменения свойств материала, вызывающие, в свою очередь, изменения реакции на нагрузку.

Довольно широкие возможности для создания текстуры имеет электроэрозионный метод, однако, до настоящего времени он недостаточно изучен. В [4] после электроэрозионной обработки и последующего обкатывания поверхности роликами получали структуру удобную с точки зрения смазывания (рис. 3).

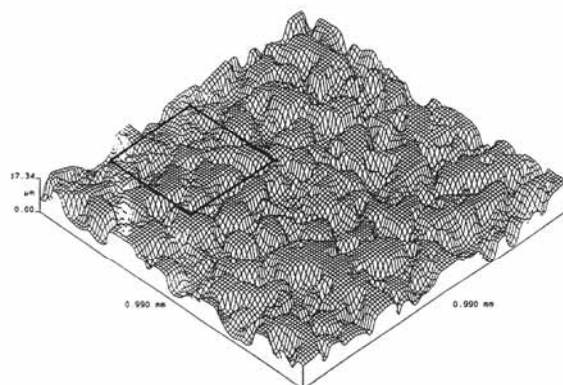


Рисунок 3 - Топография текстуры поверхности с электроэрозионным покрытием после обкатки роликами [4].

Формулирование цели статьи (постановка задачи).

Ниже приведены результаты исследований, проводимых в соответствии с договором о научном сотрудничестве между Сумским национальным аграрным университетом (Украина) и Политехникой Свентокржиской в Кельцах (Польша), предметом которого является общая деятельность и взаимный обмен научными результатами в области формирования трибологических свойств покрытий и в области динамики машин.

Целью работы, являлась изначальная оценка текстурирования поверхностей скольжения торцевых уплотнений.

Изложение основного материала исследований.

Локальная лазерная обработка, основанная на лазерной эрозии, была получена на лазере Nd:YAG (тип BSL 720) при следующих параметрах процесса:

- диаметр лазерной точки $d = 0,7$ мм;
- мощность лазера $P = 10$ Вт; 20 Вт; 30 Вт; 40 Вт; 50 Вт; 100 Вт; 150 Вт;
- фокусное расстояние $f = 1$ мм;
- время одного импульса $t_i = 0,8$ мс; 1,2 мс; 1,48 мс; 1,8 мс; 5,5 мс; 8 мс;
- скорость движения образца $V = 1200$ мм/мин;
- частота повтора $f = 8$ Hz.

Исследования эффекта лазерной эрозии касались в основном измерений диаметров и глубин полученных углублений в зависимости от различных значений мощности лазера. Результаты этих исследований в виде графиков представлены на рисунках 4 и 5.

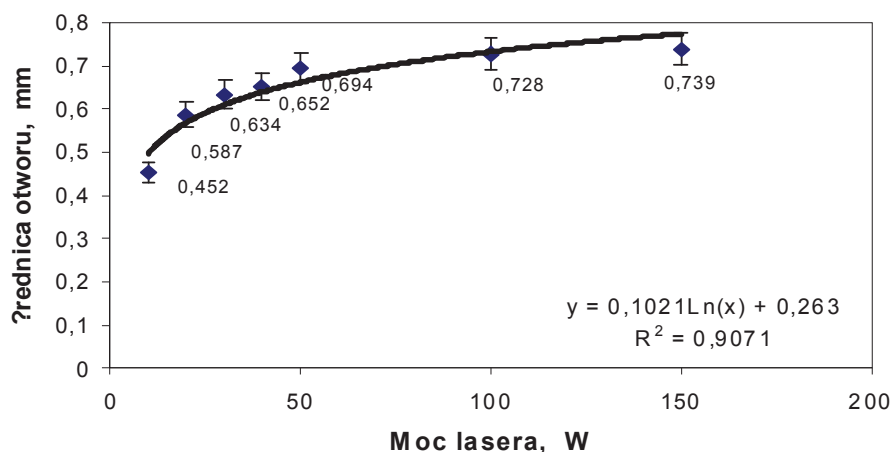


Рисунок 4 - Зависимость диаметра отверстия от мощности лазера

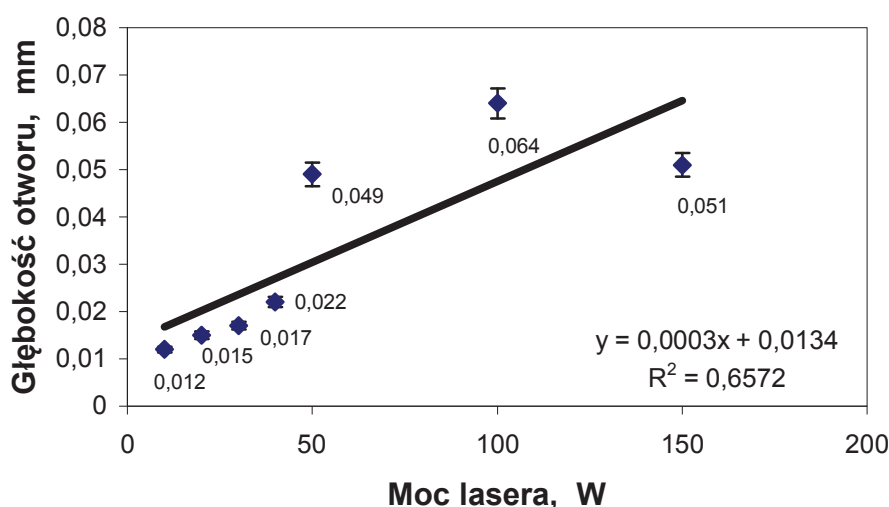


Рисунок 5 - Зависимость глубины отверстия от мощности лазера

Из графиков рисунки 4 и 5 видно, что вместе с увеличением мощности лазерного пучка увеличивается диаметр и глубина полученных отверстий. Исключением является полученное значение глубины отверстия при мощности лазера 150 Вт, которое меньше значения - при мощности лазера 100 Вт (рис. 5). Вероятно, причиной проявления такого эффекта является более длительное время воздействия импульса ($t_i = 8$ мс) при мощности лазера 150 Вт, в отличие от времени длительности импульса $t_i = 5,5$ мс при мощности лазера 100 Вт.

Исследования электроэрозионного текстурирования реализовались с использованием установки ELFA-541. На данном этапе работы занимались изучением влияния параметров процесса на величину шероховатости поверхности, а также исследовалась возможность изменения механических и стереометрических свойств электроэрозионных покрытий за счет применения последующей лазерной обработки.

Лазерные и электроэрозионные техно-

логии

Электроэрозионные покрытия имеют некоторые недостатки, которые снижают их эксплуатационные свойства. Применение последующей лазерной обработки этих покрытий значительно улучшает их свойства.

Лазерный пучок может быть использован с целью выглаживания, сформированной электроэрозионным методом геометрии поверхности уплотнения, доведения до однородности химического состава нанесенных покрытий и др.

Анализ изменений макрогеометрии проводили для комбинированных покрытий состава Cu-Ti, нанесенных электроэрозионным методом на кольца из стали 45 в исходном состоянии (рис. 6). Покрытия подвергались последующему воздействию лазера Nd: YAG при следующих параметрах процесса:

- диаметр лазерной точки $d = 0,7$ мм;
- мощность лазера $P = 20$ Вт;
- фокусное расстояние $f = 1$ мм;
- время одного импульса $t_i = 0,8$ мс;

- скорость движения образца $V = 1200$ мм/мин;

- частота повтора $f = 8$ Hz.

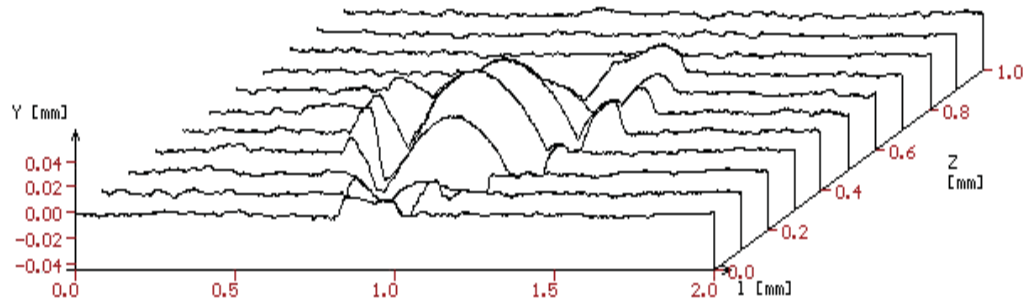


Рисунок 6 - Профилограмма поверхности покрытия нанесенного из Cu-Ti (вид 3D).

Микроструктура покрытия состава Cu-Ti до и после воздействия лучом лазера, а также распределение микротвердости в отверстии, сформированном импульсным действием лазера, показаны, соответственно на рисунках 7 - 9.

Таким образом, используя лазерную и электроэрозионную обработку поверхности можно изменять стереометрические и механические свойства ее приповерхностных слоев.

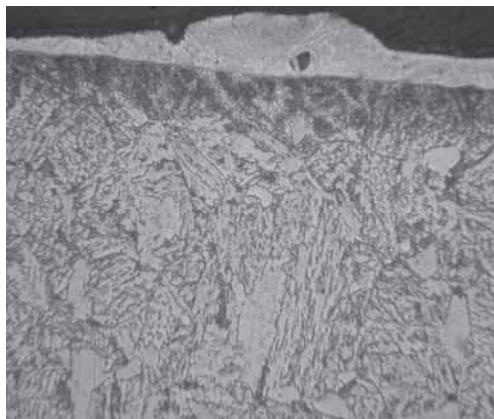


Рисунок 7 - Микроструктура покрытия Cu-Ti (ув. 500x)



Рисунок 8 - Микроструктура покрытия Cu-Ti после лазерной обработки (ув. 500x)

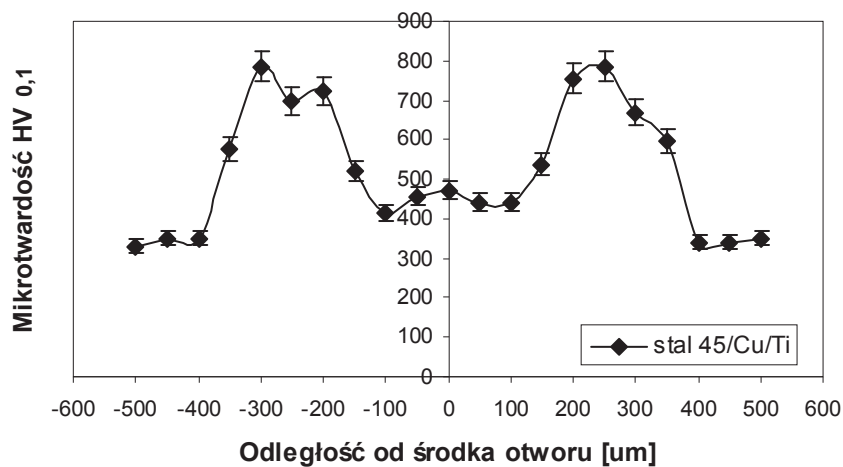


Рисунок 9 - Распределение микротвердости в покрытии Cu-Ti после импульсного действия лазера (отверстие)

Исследования торцевых уплотнений

Исследования уплотнений проводили методом сравнения для проверки эффекта текстурирования. В качестве модели использовали уп-

лотнения типа А1 производства фирмы ANGA, а исследования проводили на установке схема которой указана на рис. 10.

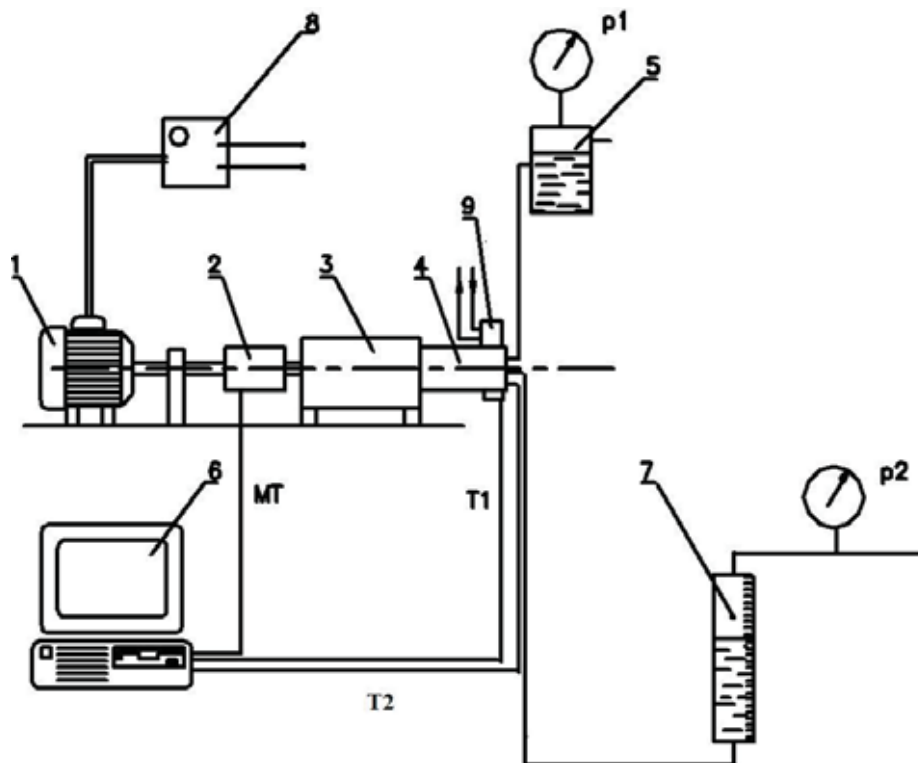


Рисунок 10 - Схема установки для исследований: 1-двигатель, 2-измеритель момента, 3-шпиндель, 4-камера для исследований, 5-уравнительная емкость, 6-компьютер, 7-измеритель утечек, 8-волномер, Мт - путь измерения момента трения; Т1, Т2-пути измерения температуры постоянного кольца и среды; р1, р2 - давления на входе и выходе радиуса уплотняющего кольца

Контртела уплотнений подвергались лазерному текстурированию, путем получения на по-

верхности углублений, профилограмма которых указана на рис. 11.

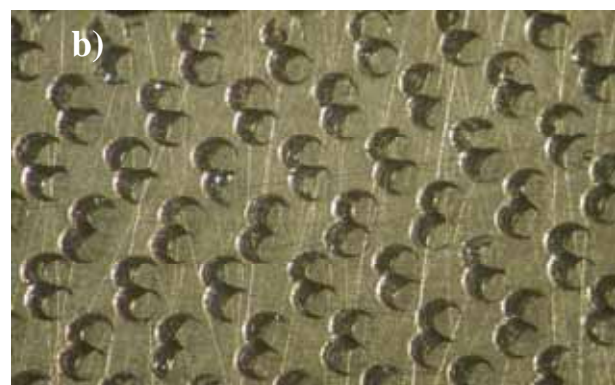
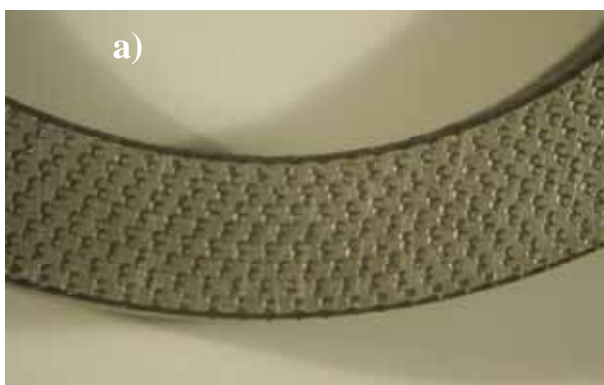


Рисунок 11 - Вид фрагмента поверхности текстурированного лазером кольца: а) ув. 6,3х; б) ув. 25х

Текстурирование было основано на прохождении вступительных ходов для различных скоростей $n = 500, 1500, 3000, 4500$ об/мин, постоянном давлении среды уплотнения, составляю-

щем $p = 0,35$ МПа, а также $0,2$ МПа. Опыты, с целью сравнения, проводились для колец с текстурой и без текстуры. Результаты испытаний показаны на рис. 12.

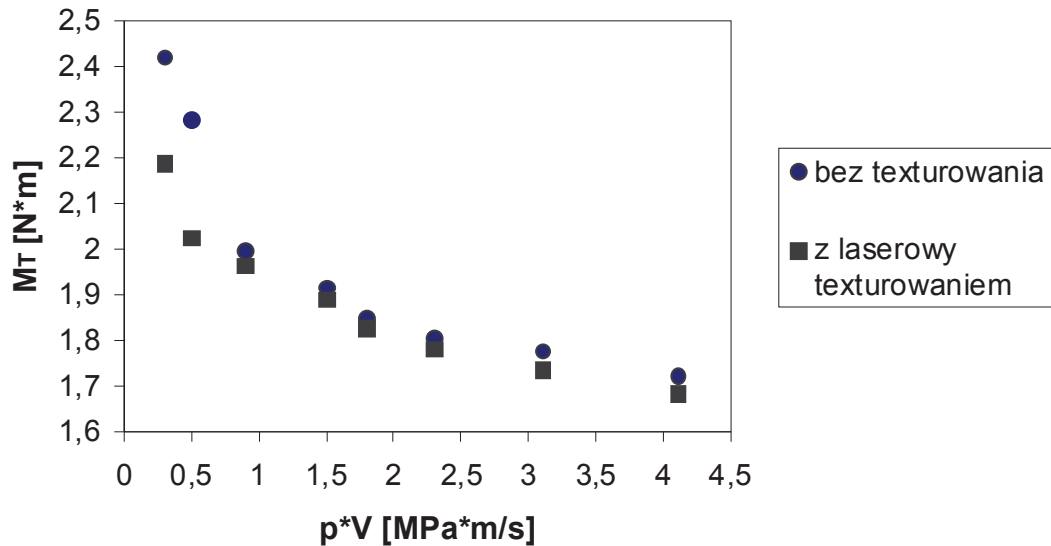


Рисунок 12 - Зависимость сопротивления трения от скорости вращения

Выводы. Таким образом, проведенные исследования открывают широкие возможности для применения текстурирования поверхности лазерным и электроэрозионным методом. В ходе исследований установлено, что путем текстурирования можно достичь снижения силы трения и

улучшения условий смазывания, что может быть практически использовано в торцевых уплотнениях с высоким давлением, а также в тех случаях, где может возникнуть вероятность возникновения доминирующих адгезионных сил.

Список использованной литературы:

1. Edison I., Klingerman Y., Halperin G. „Analytical and experimental investigation of laser- textured mechanical seal faces”, Trib. Trans. № 42, pp. 511-516.
2. Wakula M., Yamauchi Y., Kanzaki S., Yasuda Y. „Effect of surfach texturing on friction reduction between ceramic and steel materiale under lubricated slipping contact”, Wear №. 254, 2003, pp. 356-363.
3. Chlajakuri S., Bhushan H. „Effect of peak radius on design of W-type donut shaped laser textured surfaces”, Wear №. 230, 1999, pp. 118-123.
4. Simao J., Aspinwall D. K., Weise M. L. H., Subaru K. „Surfach texture transfer in simulated tandem and temper mill rolling using electrical discharge textured rolls”, Journal of Materials Processing Technology №.56, 1996, pp. 177-189.

Представлены результаты текстурирования металлической поверхности лазерным и электроэрозионным методом. Определена перспектива их использования в торцевых уплотнениях бесконтактного типа.

The results of texture creation of metallic surface are presented by a laser and electro-erosive method. The prospect of their use is certain in the butt-end compressions of noncontact type.

Дата надходження в редакцію: 27.04.2012. р.
Рецензент: д.ф.-м.н., професор Кузема О.С.