

Для квадратних деталей максимальна величина амплітуди мікронерівностей становить відстань  $h$  між лініями  $l_1$  і  $l_2$ , перпендикулярними до осі деталі, які проведені дотично до нижньої і верхньої границь профілограми та принаймні в одній точці збігаються з профілем профілограми.

З гістограми видно розподіл величини амплітуди мікронерівностей між трьома різними компонуваннями верстатів при однакових умовах та режимах оброблення деталей. Таким чином, очевидно, що шорсткість оброблення деталей на верстаті пірамідального компонування без МПС у 1,5 рази нижча, ніж на верстаті консольного компонування, і в 2 рази нижча, ніж на верстаті пірамідального компонування з МПС.

**Висновки.** Експериментальні дослідження впливу компонування верстата на шорсткість оброблення деталей дозволили визначити, що шорсткість оброблення на верстаті пірамідального компонування без МПС у 1,5 рази нижча, ніж на верстаті консольного компонування, і в 2 рази нижча, ніж на верстаті пірамідального компонування з МПС.

Отримані результати досліджень дають уявлення про вплив компонування верстата на якість оброблення деталей і дозволяють зробити раціональний вибір компонувальних особливостей верстата на етапі виготовлення дослідного зразка. Таким чином визначено, що кращі показники якості оброблення деталей має верстат на основі несучої системи у вигляді чотиригранної піраміди з мотор-шпинделем при вершині та хрестовим супортом в основі.

#### Список використаних джерел

1. Кузнецов Ю. Н. Компонировки станков с механизмами параллельной структуры / Ю. Н. Кузнецов, Д. А. Дмитриев, Г. Е. Диневич. – Херсон, 2010. – 471 с.
2. Патент України на винахід № 86533, МПК В23Q 1/00 В23В 39/00. Багатокоординатний свердлильно-фрезерний верстат / Ю. М. Кузнецов, Д. О. Дмитрієв, Г. Ю. Діневич ; заявник і власник НТУУ «КПІ». – № а200714710 ; заявл. 25.12.2007 ; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 8.
3. Патент України на корисну модель № 64422, МПК В23В 35/00 В23В 39/00 В23Q 1/00. Багатокоординатний свердлильно-фрезерний верстат / Ю. М. Кузнецов, В. Б. Фіранський, О. О. Степаненко ; заявник і власник НТУУ «КПІ». – № u201103750 ; заявл. 28.03.2011 ; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.
4. Федориненко Д. Ю. Методика дослідження параметрів точності регульованої гідростатичної втулки шпиндельного підшипника / Д. Ю. Федориненко, О. А. Плівак, С. В. Майданюк // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки». – 2012. – № 3 (59). – С. 87–93.

УДК 621.893

**Р.С. Пугач**, аспірант

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

#### МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ЦЕЛЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКИХ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

**Р.С. Пугач**, аспірант

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна

#### МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ВИСОКИХ ТРИБОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

**Ruslan Pugach**, PhD student

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine

#### MODIFICATION OF MACHINE ELEMENTS SURFACE FOR OBTAINING HIGH TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS

Проведено дослідження образців из сталі 40Х после поверхностно пластической деформации с одновременным внесением в зону деформации геомодификатора трения «ГЕОМ». Полученные результаты интегрированной технологии обработки рабочих поверхностей свидетельствуют о повышении износостойкости деталей в 2,5–3 раза.

**Ключевые слова:** геомодификатор трения, износостойкая пленка, износостойкость, поверхностная пластическая деформация, шероховатость.

Проведено дослідження зразків зі сталі 40X після поверхнево пластичної деформації з одночасним внесенням у зону деформації геомодифікатора тертя «ГЕОМ». Отримані результати інтегрованої технології оброблення робочих поверхонь свідчать про підвищення зносостійкості деталей в 2,5–3 рази.

**Ключові слова:** геомодифікатори тертя, зносостійка плівка, зносостійкість, поверхнева пластична деформація, шорсткість.

Research of steel samples after overground plastic deformation with synchronistic addition of friction modifier „ГЕОМ” to deformation zone have been passed in work. Obtained results of integrated processing technology of working surfaces shows the increasing of details' wear-resistance at 2,5–3 times.

**Key words:** friction modifier, wear-resistant layer, wear-resistance, overground plastic deformation, roughness.

**Постановка проблеми.** Состояние рабочих поверхностей деталей машин, включающих геометрические параметры поверхностного слоя, комплекс физико-механических и химических характеристик, является основным показателем качества машиностроительных изделий. Именно формирование геометрии поверхностного слоя (шероховатости, волнистости) и физико-механических характеристик определяет ресурс работы детали.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Обработка деталей машин поверхностным пластическим деформированием является одним из наиболее эффективных методов упрочнения. Поверхностное пластическое деформирование повышает усталостную прочность, контактную выносливость и износостойкость деталей и тем самым увеличивает долговечность машин и оборудования [1]. В результате поверхностно пластической деформации (ППД) в зоне контакта инструмента и заготовки создается высокое контактное давление, под действием которого микронеровности обрабатываемой поверхности пластически деформируются и, как результат, образуется новый микрорельеф, причем в оптимальном диапазоне режимов ППД шероховатость поверхности резко уменьшается [2]. Однако существенно повысить качество поверхностного слоя, обеспечив ему высокие трибологические параметры, возможно при сочетании пластической деформации с одновременным добавлением геомодификатора трения в зону обработки.

**Нерешенные части проблемы.** Получение износостойких покрытий с высоким уровнем физико-механических и трибологических свойств является важным и актуальным.

**Цель исследования.** Повышение качества рабочих поверхностей деталей машин.

**Изложение основного материала.** Для повышения износостойкости рабочих поверхностей впервые использован геомодификатор трения (ГМТ) «ГЕОМ» в сочетании с поверхностной пластической деформацией.

В результате поверхностного деформирования изменяются микроструктура и физико-механические свойства поверхностного слоя металла: повышается его твердость и прочность, возникают благоприятные сжимающие остаточные напряжения.

На рис. 1 приведена микрофотография следа индентора-твердомера (нагрузка 20 мН) в процессе определения микротвердости основы образца из стали 40X. Наглядно видны различия в размере и глубине отпечатка пирамидки, что соответствует увеличению микротвердости в 1,5 раз.

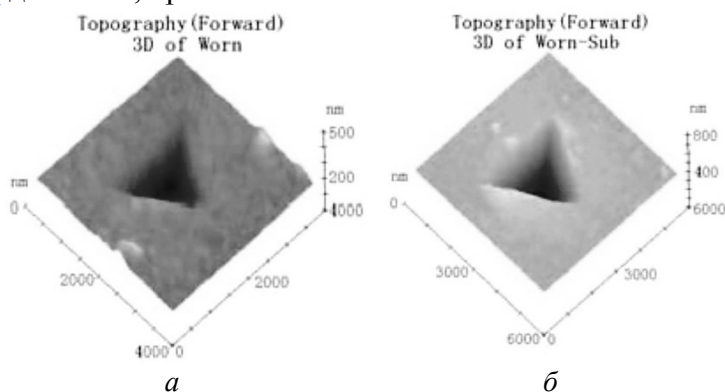


Рис. 1. Микротвердость поверхностного слоя: а – после поверхностной пластической деформации; б – после поверхностной пластической деформации с добавлением в зону деформации геомодификатора трения

Измерение микропрофиля поверхности профилометром «Micron-alpha» позволило обнаружить, что при совместной пластической деформации происходит увеличение шероховатости поверхности. Тем не менее, после испытаний на износостойкость (на протяжении 25 часов) было обнаружено снижение шероховатости поверхности в образцах, обработанных пластическим деформированием с добавлением ГМТ. На рис. 2 показано 3D профиль шероховатости поверхности испытуемых образцов из стали 40X.

Изменение шероховатости поверхности объясняется тем, что в процессе ППД частицы ГМТ шлифуют поверхность обрабатываемой детали, освобождая ее от окисленных пленок. Далее под действием контактного усилия измельченные частицы ГМТ вдавливаются во впадины микрорельефа поверхности детали, изменяя шероховатость поверхности детали.

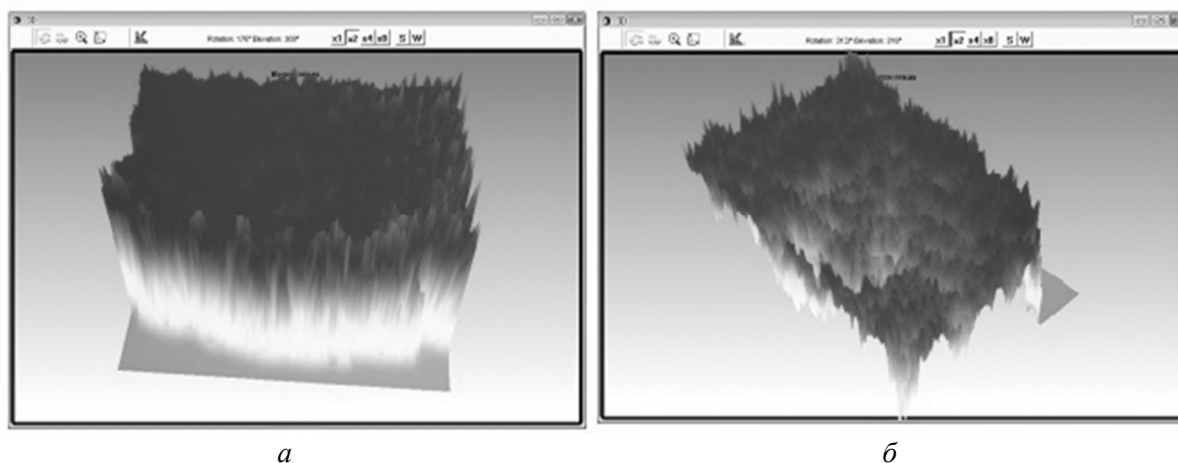


Рис. 2. 3D профиль шероховатости поверхности образцов из стали 40X: а – после обработки пластическим деформированием; б – после обработки пластическим деформированием с добавлением геомодификатора трения

На рис. 3 представлена структура поверхности стали 40X после пластической деформации с добавлением геомодификатора трения.

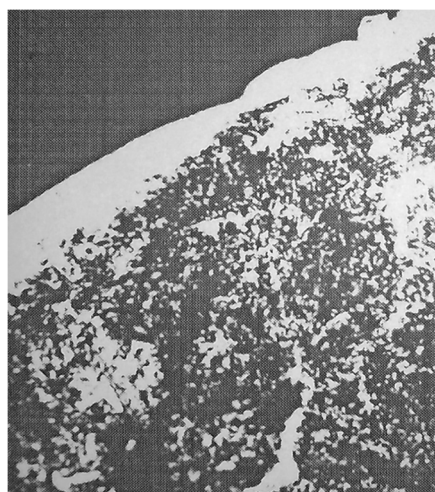


Рис. 3. Образование износостойкой пленки на поверхности образца из стали 40X после пластической деформации с добавлением геомодификатора трения

Исследования на износостойкость проводилось на машине трения СМЦ-2 по схеме «диск–колодка». Нагрузка образцов обеспечивалась штатным нагрузочным устройством  $150 \text{ кг/см}^2$ . Частота вращения подвижного ролика составляет  $500 \text{ мин}^{-1}$ . На рис. 4 представлен график износа образцов.

Как видно из рис. 4, что в процессе трения первые десять часов происходит стремительное увеличение износа материала с поверхности детали, образуется дефектный слой металла, который удаляется частицами ГМТ, обладающих абразивными свойствами, при этом происходит их измельчение и потеря абразивных свойств.

Измерение величины износа образцов из стали 40Х, обработанных пластическим деформированием с добавлением ГМТ, позволило повысить износостойкость в 2,5...3 раза.

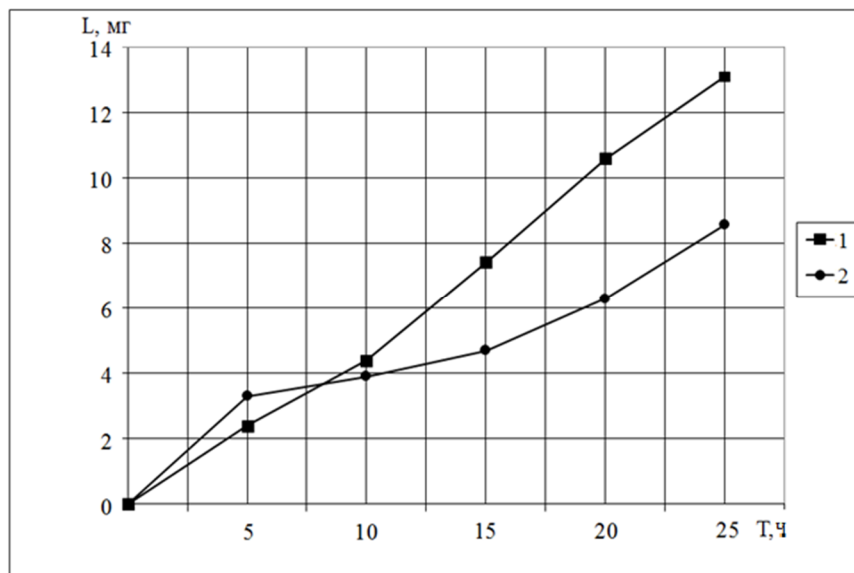


Рис. 4. График износа образцов из стали 40Х: 1 – после обработки пластическим деформированием; 2 – после обработки пластическим деформированием с добавлением геомодификатора трения

В процессе трения происходит внедрение в поверхностный слой металла измельченных частичек ГМТ, образуя с ним химическое соединения. Таким образом, на поверхности металла образуется износостойкая пленка. Внедрение ГМТ приводит к увеличению микротвёрдости, выравниванию рельефа поверхности, уменьшению рабочей температуры в зоне контакта поверхностей и увеличению площади контакта пары трения. Эти изменения в приповерхностном слое приводят к повышению эксплуатационных характеристик, а именно контактной выносливости, износостойкости и прочности.

В результате исследования обнаружено, что у пластически деформированных с добавлением ГМТ образцах образуется равномерная по всей обработанной поверхности глубина упрочненного слоя, которая составляет 0,8–1,22 мм. На поверхности детали образуется сплошной «белый» слой, достигающий размеров 30–50 мкм. После обработки уменьшается шероховатость до Ra 0,3...0,4 мкм, что приводит к созданию благоприятной формы микронеровностей с большей долей опорной площади. В ходе исследований установлено снижение коэффициента трения в среднем на 10...15 % при падении температуры в зоне контакта в среднем на 15...20 %.

**Выводы.** Интегрированная размерная чистовая обработка с использованием поверхностно пластической деформации, с одновременным внесением в зону обработки геомодификаторов трения, позволяет модифицировать рабочую поверхность с высокими эксплуатационными показателями.

#### Список использованных источников

1. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. Патент № 51394 UA МПК В24В 39/00 В24В 1/04, В23Р 9/00 Спосіб зміцнювально-чистової обробки деталей / Р. П. Дідик, Д. В. Лоскутов, П. Б. Аратській, О. Б. Завалій ; заявник Національний гірничий університет ; заявл. 12.03.2002 ; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.