

ковки заготовок из благородных металлов с высокими обжатиями и дополнительными макросдвигами / Б. П. Черный // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 1/1(13). – С. 39–43. **5.** Пат. 2242322 Российская Федерация, МКИ В 21 J 13/02 К 7/16. Четырехбойковое ковочное устройство / Володин А. М., Конев Л. Г., Лазоркин В. А. – № 2003110915/02; заявл. 16.04.03; опубл. 20.12.04, Бюл. № 65. **6.** Каргин С. Б. Теоретический анализ напряженно-деформированного состояния слитка при ковке на трехлепестковую заготовку / С. Б. Каргин, О. Е. Марков, В. В. Кухарь // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2011. – № 1 (26). – С. 17–21. **7.** Пат. 63818 Украина, МПК (2011.01) В 21 J 5/00. Пристрій для протяжки злитків / Каргін С. Б., Каргін Б. С., Кухар В. В., Марков О. Є., Ковалькова Я. О., Левандовський В. Ф. – № u201102621; заявл. 09.03.11; опубл. 25.10.11, Бюл. № 20. **8.** Pat. JP3120591 Japan, МПК В 21 J 5/00; В 21 J 5/02; В 21 J 5/06; В 21 К 1/06. Method for forging round bar / Toshihiko Obata; Ishikawajima Harima Heavy Ind. Co. Ltd. – № JP1992000253849; заяв. 28.08.1992; опубл. 20.10.2000. **9.** Banaszek G. A comprehensive numerical analysis of the effect of relative feed during the operation of stretch forging of large ingot in profiled anvils / G. Banaszek, P. Szota // J. Mater. Process. Technol. – 2005. – № 169. – P. 437–444. **10.** Pat. JP02108429 Japan, МПК В 21 J 1/04; В 21 J 1/00. Cross forging method for ingot / Kiyomi Nanba; Nippon Stainless Steel Co. Ltd. – № JP1988000263282; заяв. 19.10.1988; опубл. 20.04.1990. **11.** Pat. JP2002102987 Japan, МПК В 21 J 5/00; В 21 J 1/04; В 21 J 13/02; В 21 J 13/06; В 21 J 1/00; В 21 J 13/00. Heat forging method for billet / Junpei Tajima; Sumitomo Metal Ind. Ltd. – № JP2000000297348; заяв. 28.09.2000; опубл. 09.04.2002. **12.** Василевский О. В. Исследование деформированного состояния поковок типа валов при ковке в комбинированных бойках / О. В. Василевский, А. В. Грушко, В. В. Кухарь // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. – Краматорск: ДГМА, 2011. – № 3(28). – С. 78–82. **13.** Василевский О. В. Исследование влияния величины обжатия на кинематические и энергосиловые характеристики при ковке цилиндрических заготовок в комбинированных бойках / О. В. Василевский, А. В. Грушко, В. В. Кухарь // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2012. – № 3 (32). – С. 44–48.

Надійшла до редколегії 21. 10. 2013

УДК 621.73

**Экспериментальные исследования режимов кузнечной протяжки заготовок с обкаткой в комбинированных бойках / Кухарь В. В., Василевский О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 139–148. Бібліогр.: 13 назв.**

Розроблено та реалізовано методику експериментальних досліджень формозміни і силових параметрів при протягуванні заготовок з обкатуванням по діаметру в комбінованих бойках. Установлено закономірності зміни силових параметрів, геометричних характеристик та оптимальні режими деформування заготовок при протягуванні обкатуванням у комбінованих бойках з різними величинами обтискань і кутів кантувань заготовок навколо поздовжньої осі.

**Ключові слова:** ковальське протягування, комбіновані бойки, режими деформації, силові параметри, геометричні характеристики, експериментальні дослідження.

The methodic of experimental research of form-changing and force parameters during stretch forging of billets with rolling to diameter by combined anvils is worked and realized out. The depends of changing of force parameters, geometric characteristics and optimal modes of deformation of billets during stretch forging by rolling in combined anvils with different values of press upsetting and angles of rotation of billets around far axe are determinates.

**Keywords:** stretch forging, combined anvils, modes of deformation, force parameters, geometric characteristics, experimental research.

УДК 612.431.75

**А. Д. ЛАВРИНЕНКОВ**, ассистент, НТУУ «КПИ», Киев

## **ВЫГЛАЖИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩЕЙ СМАЗКИ**

В статье приведены результаты использования металлосодержащих смазок при выглаживании с наложением ультразвука деталей из титановых сплавов ВТ22 и ВТ23. Установлено, что их

применение расширяет технологические возможности процесса при управлении скоростью и усилием обработки, а также обеспечивает параметры качества поверхностного слоя.

**Ключевые слова:** ультразвуковое выглаживание, металлосодержащие смазки, титановые сплавы, поверхностно-пластическое деформирование

**Введение.** Управление условиями взаимодействия инструмента и детали для уменьшения коэффициента трения при поверхностно-пластическом деформировании (ППД) имеет решающее значение для получения поверхности с высокими параметрами качества. Особенно остро вопрос «трения» возникает при ППД труднообрабатываемых материалов, а именно, алмазном выглаживании титановых сплавов. Титан и сплавы на его основе, ввиду малой теплопроводности, склонности к холодному свариванию, практически не поддаются обработке алмазным выглаживанием.

**Анализ последних исследований и литературы.** Для улучшения условия взаимодействия инструмента и детали при выглаживании титановых сплавов создают поверхностный газонасыщенный слой или используют твердые смазки [1, 2]. Однако, как создание газонасыщенного слоя, так и удаление твердых смазок сопряженно с нагревом детали, что приводит к изменению физико-механических свойств сплава, что в ряде случаев является недопустимым.

Применение металлосодержащих смазок, в состав которых входят нано- или субмикродисперсные порошки мягких металлов, позволяет повысить срок службы трущихся деталей и узлов машин, понизить коэффициент трения, повысить КПД механизмов [3, 4]. Объемное содержание металлического порошка колеблется в пределах 0,5-3,0%, применяются данные смазки, как правило, в моторных маслах, а также в тяжело нагруженных парах трения, как пример – в зубчатых передачах. Ввиду этого, эффект от применения данных смазок проявляется при длительной эксплуатации.

Эффективным способом интенсификации процесса алмазного выглаживания труднообрабатываемых материалов, в частности титана и его сплавов, является наложение на рабочий инструмент ультразвуковых (УЗ) колебаний [5, 6].

**Цель исследования.** В работе проводится оценка влияния использования субмикродисперсных порошков мягких металлов в смазке на состояние поверхности и приповерхностного слоя титановых образцов при выглаживании, в том числе с ультразвуковым (УЗ) нагружением.

**Материалы исследований.** В данной работе основой металлосодержащей смазки было выбрано индустриальное масло И20. В качестве порошков были выбраны порошки меди и алюминия со средним размером частиц 5-10 мкм. Объемное содержание порошка составляло 32% от объема масла.

Исследования проводились на токарном станке 16К20, образцы из титанового сплава ВТ22 и ВТ23 диаметром 22 мм обрабатывались с установкой в центрах, волновод ультразвуковых колебаний с пьезоэлектрическим преобразователем закреплялся в суппорте станка [2, 6]. Материалом

выглаживателя был выбран твердый сплав ВК8 с рабочей поверхностью радиусом  $r=3$  мм.

Технологические режимы процесса обработки представлены в таблице.

Исследования параметров качества поверхности и приповерхностного слоя образцов (шероховатость поверхности, фактура и химический состав поверхности, микроструктура и химический состав исходной структуры и приповерхностного слоя, микротвердость приповерхностного слоя) проводились при различных скоростях обработки.

Таблица. Режимы УЗ выглаживания

Усилие, Н	200
Количество оборотов – n, об/мин	63; 150; 315
Подача – s, мм/об	0,05
Линейная скорость образца – V, м/мин	4.4; 10.4; 21.8
Частота колебаний, кГц	22

**Результаты исследования.** После УЗ выглаживания при различных скоростях обработки и с различными смазками (И20, И20+медь (Cu), И20+алюминий (Al)) можно говорить об уменьшении высоты неровностей поверхности в 5-6 раз по сравнению с чистовым точением.

Шероховатость поверхности после чистового точения составила  $R_a=1,58$  мкм. Максимальное уменьшение шероховатости, до  $R_a=0,12-0,15$  мкм, наблюдается при всех типах смазки на минимальных скоростях обработки поверхности  $V=4,4$  м/мин. При максимальной скорости обработки  $V=21,8$  м/мин шероховатость увеличивается до  $R_a=0,17-0,22$  мкм в зависимости от типа смазки.

Поверхность, обработанная при скорости  $V=21,8$  м/мин с маслом И20, имеет более грубую фактуру, следы от внедрения выглаживателя в поверхность образца видны более отчетливо в сравнении с обработкой со смазкой с порошками (рис. 1, а). При скоростях обработки  $V=21,8$  м/мин наиболее равномерный рельеф поверхности, с полным деформированием следов обработки от чистового точения и без видимых следов внедрения выглаживателя в поверхность соответствует обработке со смазкой И20+Al (рис. 1, в).

При химическом анализе поверхностей также было установлено, что доля Al увеличивается с 0,6-0,5% (присутствует в химическом составе сплава ВТ22) до 1%, а доля Cu с 0% до 3% (рис. 1, б-в). Увеличение алюминия и меди в химическом составе поверхностей, говорит о том, что при ультразвуковом выглаживании между выглаживателем и поверхностью присутствует смазочная среда, которая уменьшает адгезионную составляющую трения детали с инструментом.

В результате обработки УЗ выглаживанием при всех типах смазки происходит дробление исходной структуры (рис. 2, а) на глубину до 100 мкм (рис. 3, б). На глубине 5-6 мкм происходит максимальное дробление зерна, с формированием наноструктурного поверхностного слоя (рис. 3, в-г).

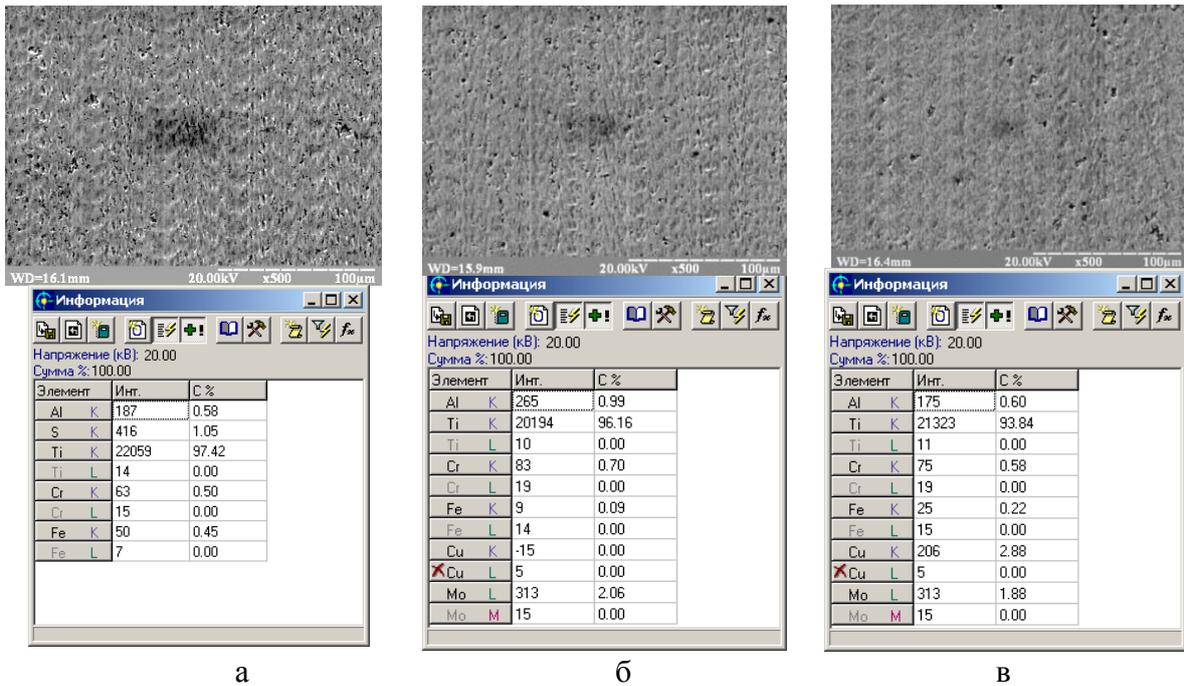


Рис. 1. – Микрорельеф (x500) и химический состав поверхности при скорости обработки 21,8 м/мин (315 об/мин): а – при масле И20; б – при смазке И20+Cu; в – при смазке И20+Al

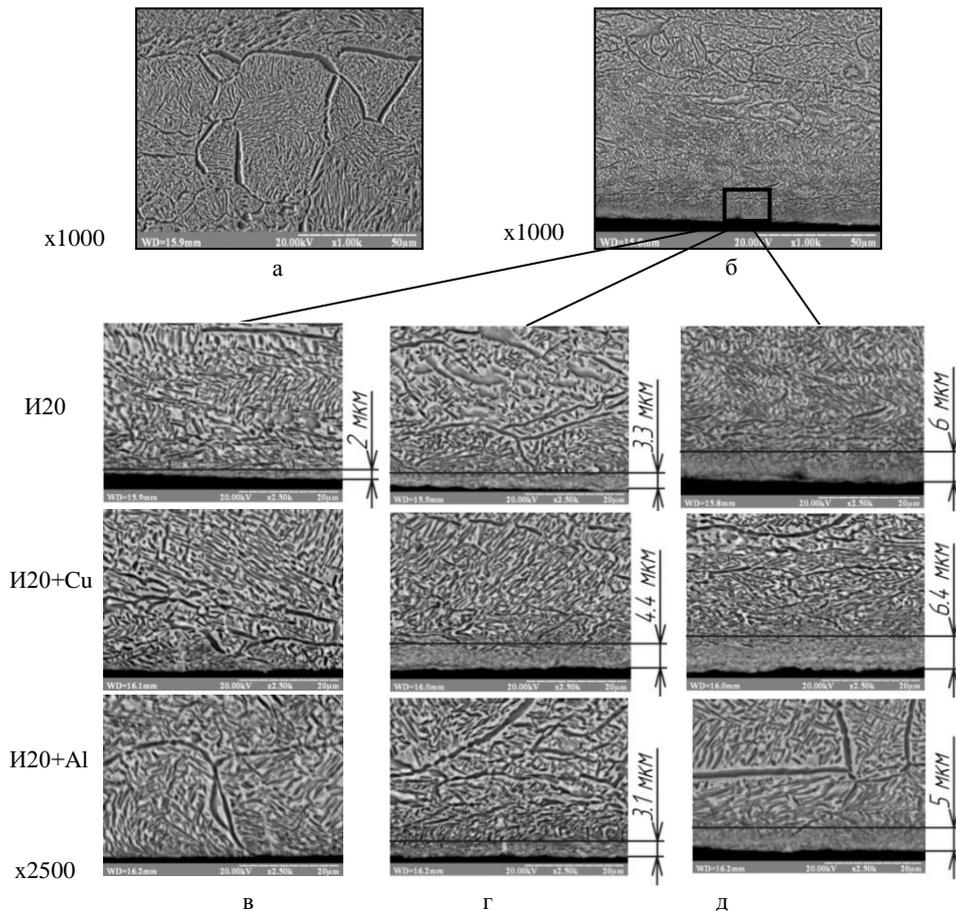


Рис. 2. – Микроструктура поверхностного слоя металла образцов: а – исходная структура; б – структура после УЗ выглаживания; в, г, д – тонкий поверхностный слой после обработки с различными смазками и при скоростях обработки 4,4 м/мин, 10,4 м/мин и 21,8 м/мин соответственно

При химическом анализе тонкого поверхностного слоя (1-10 мкм) соответствующего максимальному дроблению зерна (рис. 3, в) при скорости обработки  $V = 21,8$  м/мин установлено, что на глубине 1-2 мкм увеличение доли Al происходит с 0,5-0,6% до 1% (после обработки) и увеличение доли Cu с 0% до 0,65% (после обработки) на образцах, обработанных со смазкой И20+Al и И20+Cu соответственно.

Глубина слоя деформационного упрочнения при обработке со всеми типами смазки составила 0,4-0,6 мм. Исходная микротвердость до УЗ выглаживания составляет 250-255 HV. Максимальное увеличение микротвердости в 1,42-1,45 раза соответствует обработке со смазкой И20+Al. Увеличение микротвердости при обработке как с маслом И20, так и со смазкой И20+Cu происходит в 1,30-1,32 раза.

Также установлено, что при УЗ выглаживании титановых сплавов происходит увеличение усталостной прочности. Коэффициент упрочнения составил 1,15-1,30.

**Выводы.** Применение металлосодержащих смазок расширяет технологические режимы обработки титановых сплавов УЗ выглаживанием, за счет увеличения скорости обработки и удельных усилий деформирования, при которых не происходит адгезионного схватывания обрабатываемой поверхности с выглаживателем. После обработки шероховатость поверхности соответствует 10-11 классу, дробление зерна происходит на глубине до 100 мкм с формированием тонкого наноструктурного слоя – до 6 мкм, усталостная прочность увеличивается до 30%. При достижении определенной скорости обработки происходит увеличение процентной доли металла порошков в химическом составе поверхности и тонкого приповерхностного слоя образца, что свидетельствует о наличии слоя металлосодержащей смазки между выглаживателем и поверхностью образца при УЗ выглаживании.

**Список литературы:** 1. Розенберг О. А. К вопросу разработки технологических смазок для деформирующего протягивания деталей из сплава ВТ1-0 / О. А. Розенберг, Е. А. Пащенко, С. Е. Шейкин, И. Ю. Росточкин. // Технологические системы. – 2007.- №2(38). – С. 27-32. 2. Титов А. В. Особенности алмазного выглаживания сплава ВТ-23 с использованием твердой смазки / А. В. Титов, Т. М. Лабур, А. Л. Пузырёв // Вестник НТУУ «КПИ». Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ». – 2008. – № 53. – С. 202–207. 3. Кужаров А. А. Триботехнические свойства нанометрических кластеров меди. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростов-на-Дону. – 2004 г. 4. Andrzej Kotnarowsky. Searching for Possibilities of Lubricating and Cutting Fluids Modification with Copper Micro- and Nanopowders // Materials science (MEDŽIAGOTYRA) / – Vol. 12. – No. 3. – 2006. – р.р. 202-208. 5. Осипенкова Г. А. Повышение износостойкости деталей поверхностным пластическим деформированием с помощью ультразвуковых крутильных колебаний / Г. А. Осипенкова, В. Ф. Пегашкин, И. Е. Филимонов // Вестник машиностроения. – 2009. – №2. – С. 74-76. 6. Титов В. А. Особенности алмазного выглаживания сплава ВТ-22 с дополнительным ультразвуковым воздействием на инструмент / В. А. Титов, В. А. Никитенко, А. В. Титов, А. А. Пливак, А. Д. Лавриненков. // Обработка материалов давлением. – 2009. – №1(20). – С. 166-172.

*Надійшла до редколегії 30,10,2013*

УДК 612.431.75

**Выглаживание деталей из титановых сплавов с использованием металлосодержащей смазки / Лавриненков А. Д.** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2013. – № 43 (1016). – С. 148–153. Бібліогр.: 6 назв.

У статті наведені результати використання металовмісних мастил при вигладжуванні з накладенням ультразвуку деталей з титанових сплавів ВТ22 і ВТ23. Встановлено, що їх застосування

розширює технологічні можливості процесу при управлінні швидкістю і зусиллям обробки, а також забезпечує параметри якості поверхневого шару.

**Ключові слова:** ультразвукове випрасовування, металлосодержащие мастила, титанові сплави, поверхнево-пластичне деформування.

The article presents the results of the use of metal-containing lubricants in burnishing process with application of an ultrasound of details made of titanium alloy VT22 and VT23. It was found that their use expands the technological capabilities of the process by controlling the speed and processing effort, and also provides quality parameters of the surface layer.

**Keywords:** ultrasound burnishing, metal-containing lubrication, titanium alloys, surface plastic deformation

УДК: 21.983.3.001 – 621. 983.7.004

**В. А. МАКОВЕЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ»;

**П. Ю. ПРОЦЕНКО**, аспірант, НТУУ «КПІ».

### **ОСОБЛИВОСТІ ПРОФІЛЮВАННЯ ОДНО-ТА ТРЬОХЗАХІДНИХ ГВИНТОПОДІБНИХ ТРУБ**

Проведено моделювання декількох варіантів обкочування роликом одно- та трьохзахідних канавок на трубі з використанням програмного пакета Deform 3D. В якості профілюючих елементів для отримання канавок використовували ролики та оправку. Досліджено вплив різних параметрів (діаметра ролика  $D_p$ , кроку гвинта  $k$ , глибини канавки  $h$ , частоти обертів оправки  $n$ ) на напружено-деформований стан труби. Запропоновано технологію та конструкцію обкатної головки для отримання трьохзахідної гвинтової канавки на трубі.

**Ключові слова:** роликове обкочування, одно- та трьохзахідні гвинтоподібні труби, напружено-деформований стан, трьохроликава обкочувальна головка

**Вступ.** Інтенсифікація теплообміну в каналах є ефективним способом зменшення габаритних розмірів та металоемкості теплообмінних апаратів. При розробці нових теплообмінних апаратів, як правило, намагаються досягнути високої інтенсивності теплопередачі при мінімальній витраті енергії на прокачування теплоносіїв. Аналіз робіт в цьому напрямку показує, що найбільш ефективними виявились гвинтоподібні труби з рівнорозвиненою поверхнею [1, 2]. Масового виробництва їх у теперішній час не існує.

**Аналіз останніх досліджень і літератури.** Відомим способом виготовлення гвинтоподібних труб є роликове обкочування на оправці [3], але дослідження процесу виготовлення відсутнє. Технологія виробництва однороликовим обкочуванням однозахідних гвинтоподібних труб описана в роботі [4]. Дослідне виробництво таких труб виконувалось на токарно-гвинторізному верстаті 16К20 із застосуванням обкатної головки, що кріпилась в різцетримачі, та оправки, яка встановлювалась в середину труби та закріплювалась з одного боку разом з трубою в трьохкулачковому патроні верстату, а з іншого – підпиралась центром задньої бабки верстата.

Недоліком наведених способів є відсутність досліджень по встановленню оптимальних параметрів процесу обкочування гвинтових канавок на трубах та впливу їх на якість виробів. Крім того виникає необхідність інтенсифікації технології виготовлення гвинтоподібних труб з рівнорозвиненою поверхнею. Це можливо при профілюванні трьохзахідних гвинтоподібних труб.