



**ВІСНИК**

**НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ  
«ХПІ»**

**43'2013**

**Харків**

ковки заготовок <sup>нз</sup> багаторічних металів з високими обжаттями и дополнительными макроламігами / Б. П. Чорний // Восточно-европейский журнал передовых технологий. № 1/1(13) – С. 39-43. – 5. Патт 2242322. Російська Федерація, МКІ В 21 J 13/02 K 7/16. Четверхобійкове ковочное устройство / Володин А. М., Конев Л. Г., Лазаркин В. А. – №20031001502, заявл. 16.04.03, опубл. 20.12.04, віол. № 65. Каргин С. Б. Теоретический анализ напряженно-деформированного состояния синтака при ковке на трехлесточном заготовку / С.Б. Каргин, О.Е. Марков, В.В. Кухар // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДПМА. – Краматорск, 2011 – № 1(26) – С. 17-21. 7. Пат. 63818 Україна, МКІ В 21 J 13/02 K 7/16. Пристрій для протяжки лінків / Каргин С.Б., Каргин В.С., Кухар В.В., Марков О.С., Ковалькова Я.О., Лебановський В.Ф. – № у201102021, заявл. 09.03.11, опубл. 25.10.11, віол. № 20. 8. Пат. JP201059143. Інноваційний метод обробки великого інготу / О.В. Ішікавайма, Харима Heavy Ind Co Ltd. – №JP1992000253549, заяв. 28.08.1992, опубл. 28.08.1992, віол. № 106. Method for forging round bar / Tochihiko Obata, Ishikawajima Harima Heavy Ind Co Ltd. – №JP1992000253549, заяв. 28.08.1992, опубл. 28.08.1992, віол. № 106. 9. Banaszek G. A comprehensive numerical analysis of the effect of relative feed during the operation of stretch forging of large ingot // Profilavrilis 2010. 10. Pat. JP20108429 Japan, МКІ В 21 J 13/00, В 21 J 5/00, В 21 J 5/06, В 21 J 11/06. Method for forging round bar / G. Banaszek, P. Szota // Mater. Process Technol. – 2005 – № 169 – Р. 437-444. 11. Pat. JP2002102987 Japan, МКІ В 21 J 13/00, В 21 J 11/04, В 21 J 13/02, В 21 J 13/06, В 21 J 11/00, В 21 J 13/00. Heat forging method for billet / Junpei Tajima, Sumitomo Metal Ind. Ltd. – № JP200000297348, заяв. 28.09.2000, опубл. 09.04.2002. 12. Васильєвський О.В. Исследование влияния деформированного состояния поковок типа валов при ковке в комбинированных бойках / О. В. Васильевский, А. В. Грицико, В. В. Кухар // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. – Краматорск, ДПМА, 2011. – № 3(28) – С. 78-82. 13. Васильевский О.В., Грицико А.В., Кухар В.В. Исследование влияния величин обжатия на кинематические и энергетические характеристики при ковке цилиндрических заготовок в комбинированных бойках / О. В. Васильевский, А. В. Грицико, В. В. Кухар // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДПМА – Краматорск, 2012. – № 3 (32). – С. 44-48.

УДК 621.73  
Наочність об редукології 21. 10. 2013

Экспериментальные исследования режимов кузнецкой прокатки заготовок с обжаткой в комбинированных бойках / Кукарь В. В., Васильевский 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 обжаткань і кутів кантування заготовок навколо поздовжньої осі.

**Ключові слова:** кованське 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, асистент, НТУУ «КПІ», Київ

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

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

применение расширяет технологические возможности процесса при управлении скоростью и временем обработки, а также обеспечивает параметры качества поверхности стоя.

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

Введение. Управление условиями взаимодействия инструмента и детали при протягивании заготовки на трехлесточном станке при ковке на трехлесточном заготовку / С.Б. Каргин, О.Е. Марков, В.В. Кухар // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДПМА. – Краматорск, 2011 – № 1(26) – С. 17-21. 7. Пат. 63818 Україна, МКІ В 21 J 13/02 K 7/16. Пристрій для протяжки лінків / Каргин С.Б., Каргин В.С., Кухар В.В., Марков О.С., Ковалькова Я.О., Лебановський В.Ф. – № у201102021, заявл. 09.03.11, опубл. 25.10.11, віол. № 20. 8. Пат. JP312059143. Інноваційний метод обробки великого інготу / О.В. Ішікавайма, Харима Heavy Ind Co Ltd. – №JP1992000253549, заяв. 28.08.1992, опубл. 28.08.1992, віол. № 106. Method for forging round bar / G. Banaszek, P. Szota // Mater. Process Technol. – 2005 – № 169 – Р. 437-444. 9. Pat. JP2002102987 Japan, МКІ В 21 J 13/00, В 21 J 5/00, В 21 J 5/06, В 21 J 11/06. Method for forging round bar / G. Banaszek, P. Szota // Mater. Process Technol. – 2005 – № 169 – Р. 437-444. 10. Pat. JP20108429 Japan, МКІ В 21 J 13/00, В 21 J 11/04, В 21 J 13/02, В 21 J 13/06, В 21 J 11/00, В 21 J 13/00. Heat forging method for billet / Junpei Tajima, Sumitomo Metal Ind. Ltd. – № JP200000297348, заяв. 28.09.2000, опубл. 09.04.2002. 11. Pat. JP2002102987 Japan, МКІ В 21 J 13/00, В 21 J 11/04, В 21 J 13/02, В 21 J 13/06, В 21 J 11/00, В 21 J 13/00. Heat forging method for billet / Junpei Tajima, Sumitomo Metal Ind. Ltd. – № JP200000297348, заяв. 28.09.2000, опубл. 09.04.2002. 12. Васильевский О.В., Грицико А.В., Кухар В.В. Исследование влияния деформированного состояния поковок типа валов при ковке в комбинированных бойках / О. В. Васильевский, А. В. Грицико, В. В. Кухар // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДПМА – Краматорск, 2012. – № 3 (32). – С. 44-48.

Аналіз последніх исследований и литературы. Для улучшения пригодності 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

сплавом, создают поверхностный газонасыщенный слой или используют сплавы 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 условий взаимодействия инструмента и детали при выглаживании титановых сплавов создают поверхностный газонасыщенный слой, так и твердые смазки [1, 2]. Однако, как создание газонасыщенного слоя, так и удаление твердых смазок сопряжено с нагревом детали, что приводит к изменению физико-механических свойств сплава, что в ряде случаев является недопустимым.

Применение металлоодержащих 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 тяжелонаруженных 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 и испытаний.** В данной работе основой

металлоодержащей 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 52% от объема масла.

Испытания проводились на токарном станке 16К20, образцы из титанового сплава ВТ22 и ВТ23 диаметром 22 мм обрабатывались с установкой в центрах, волновой 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. Исследование 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 – л. об/мин	63; 150; 315
Полача – 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 смесь, 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 nanoструктурного поверхностного слоя (рис. 3, в-г).

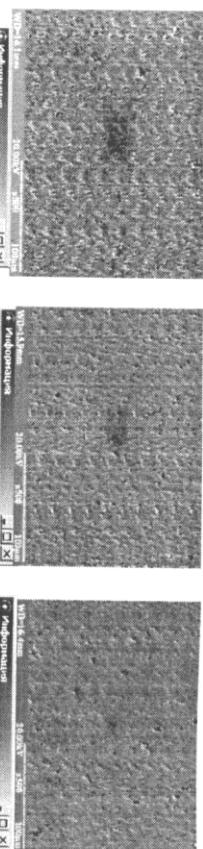


Рис. 1 – Микрорельеф ( $\times 500$ ) и химический состав поверхности при скорости обработки 21,8 м/мин (315 об/мин); а – при масле И20; б – при смазке И20+Cu; в – при смазке И20+Al

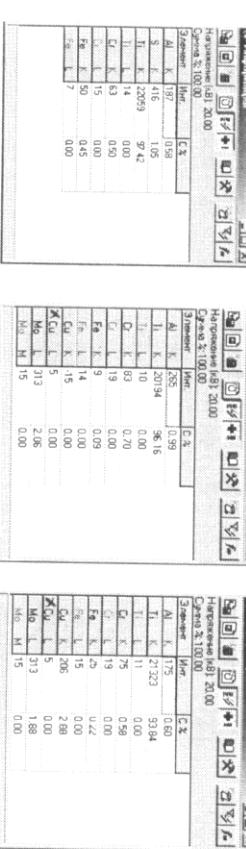


Рис. 2. – Микроструктура поверхностного слоя металла образцов: а – исходная структура; б – структура после УЗ выглаживания; в, г, д – тонкий поверхностный слой после обработки с различными смазками и при скоростях обработки 4,4 м/мин, 10,4 м/мин и 21,8 м/мин соответственно

При хіміческому аналізе тонкого поверхневого слоя (1-10 мкм) соответствуючого максимальному дробленню зерна (рис. 3, в) при скорості обробки  $V = 21,8$  м/мин установлено, что на глубине 1-2 мкм увельчение долі Al проходить с 0,5-0,6% до 1% (после обробки) и увельчение долі Cu с 0% до 0,65% (после обробки) на образах, обробаних со смазкою I20+Al и I20+Cu соответствено.

Глубина слоя деформаційного упрочнення при обробці со всіми типами смазки становила 0,4-0,6 мм. Исходна микротвердість до УЗ виглашування становила 250-255 HV. Максимальне увельчение микротвердості в 1,42-1,45 раза соответствує обробці со смазкою I20+Al. Увельчение микротвердості при обробці как с маслом I20, так и со смазкою I20+Cu проходить в 1,30-1,32 раза.

Також установлено, что при УЗ виглашуванні титанових сплавів проходить увельчение усталостної прочності. Коефіцієнт упрочнення становив 1,15-1,30.

**Выводы.** Применение металлоконтактных смазок расширяет технологические режимы обработки титановых сплавов УЗ виглашуванием, за счет увеличения скорости обработки и удельных усилий деформирования, при которых не будет происходить адгезионного схватывания обрабатываемой поверхности с виглашувателем. 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 увельчение процентной доли металла порошков в химическом составе поверхности и тонкого приповерхностного слоя образца. что свидетельствует о наличии слоя металлоконтактной смазки между виглашувателем и поверхностью образца при УЗ виглашуванні.

**Список литературы.** 1. Розенберг О. А. К вопросу разработки технологических смазок для деформирующего протягивания деталей из сплава ВТ1-0 / О. А. Розенберг, Е. А. Пашенко, С. Е. Шлякін, ІІ. Ю. Ростомкін // Технологіческі системи. – 2007. – №2(38). – С. 27-32.

2. Тимофеев А. В. Особенности протягивания сплава ВТ-23 с использованием гравитационной смазки / А. В. Тимофеев, Т. М. Лабур, А. Л. Пузьрев // Вестник НТУУ «КПІ». Машиностроение – К.: НТУУ «КПІ», – 2008. – № 53. – С. 202-207. 3. Кужаров А. А. Трибологические свойства наногеометрических кластеров меди. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростов-на-Дону. – 2004. 4. Andrzej Kotarowski. Searching for Possibilities of Lubricating and Cutting Fluids Modification with Copper Micro-and Nanopowders // Materials science (MEDZIA GOTYRA) – Vol. 12 – № 3. – 2006. – рр. 202-208. 5. Осиненкова Г. А. Повышение износостойкости деталей/поверхностным пластическим деформированием с помощью ультразвуковых крутильных колебаний / Г. А. Осиненкова, В. Ф. Пеззакин, ІІ. Е. Филиппонов // Вестник машиностроения. – 2009. – №2. – С. 74-76. 6. Тимофеев А. В. Особенности алмазного виглашування сплава ВТ-22 с дополнительным ультразвуковым воздействием на інструмент / В. А. Тимофеев, В. А. Никишко, А. В. Тимофеев // Обработка материалов давлением – 2009. – №1(20). – С. 166-172.

А. А. Плісек, А. Д. Гавриленко // Обработка материалов давлением – 2013. – №1(20). – С. 166-172.

УДК 612.431.75

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

У статті наведені результати використання металломісних мастик при виглашуванні з накладним ультразвуком деталей з титанових сплавів ВТ22 і ВТ23. Встановлено, що їх застосування

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

**Ключові слова:** ультразвукове виглашування, металлоконтактні 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 burning, 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. ПРОЩЕНКО**, аспірант, НТУУ «КПІ».

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОФІЛЮВАННЯ ОДНОТАРЬОЗАХІДНИХ ГВИНТОПОДІННИХ ТРУБ

Проведені молотування декількох варіантів обкочування роликом одно- та трьохзахідних канавок на троїлі з використанням програмного пакета Deftom 3D. В якості профілюючих елементів для отримання канавок використані ролики та оправки. Досліджено вплив різних параметрів ролика  $D_p$ , кроку  $k$ , глибини канавки  $h$ , частоти обертів оправки  $n$  на напружено-деформований стан труби. Запропоновано технологію та конструкцію обратної головки для отримання трьохзахідної винтової канавки на трубі роликовим обкочуванням, одно- та трьохзахідні гвинтоподільні труби.

**Ключові слова:** роликове обкочування, одно- та трьохзахідні гвинтоподільні труби, напруженодеформований стан, трьохзахідна головка

**Вступ.** Інтенсифікація теплообміну в каналах є ефективним способом зменшення габаритних розмірів та металоємкості теплообмінних апаратів. При розробці нових теплообмінних апаратів, як правило, намагаються досягнути високої інтенсивності тепlopередачі при мінімальній витраті енергії на прокачування теплоносіїв. Аналіз робіт в цьому напрямку показує, що найбільш ефективними виявилися гвинтоподільні труби з рівнорозчиненою поверхнею [1],

[2]. Масового виробництва їх у теперішній час не існує.

**Аналіз останніх досліджень і літератури.** Відомим способом виготовлення гвинтоподільних труб є роликове обкочування на оправі [3], але дослідження процесу виготовлення відсутнє. Технологія виробництва однороликовим обкочуванням однозахідних гвинтоподільних труб описана в роботі [4]. Доступне виробництво таких труб виконувалось на токарно-гвинторізному верстаті 16K20 із застосуванням обкатної головки, що кріпилася в різцетримачі, та отримки, яка встановлювалася в середину труби та закріплювалася з одного боку разом з трубою в трьохкулачковому патроні верстата, а з іншого – підpirалася центром зальої бабки верстата.

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