

УДК 621.9

О.А. Пермяков, І.Д. Абдулкеримов*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Кримський інженерно-педагогічний університет***ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ
ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВІ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ**

В статті запропоновано нові підходи до вирішення науково-технічного завдання технологічного забезпечення герметичності різьбових з'єднань деталей з алюмінієвих сплавів з газоусадочною пористістю деформуючим інструментом.

Наведені результати аналітичного та експериментального дослідження методу механічної обробки різьбових отворів при застосуванні деформуючого інструменту з урахуванням моделювання процесу формоутворення трубних різьб в глухих отворах деформуючим інструментом.

Ключові слова: технологічний процес, алюмінієві сплави, газоусадочна пористість, різьбове з'єднання, деформуючий інструмент.

Форм. 7. Літ. 3.

А.А. Пермяков, И.Д. Абдулкеримов**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОГО
ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

В статье предложены новые подходы к решению научно-технической задачи технологического обеспечения герметичности резьбовых соединений деталей из алюминиевых сплавов с газоусадочной пористостью деформирующим инструментом.

Приведены результаты аналитического и экспериментального исследования метода механической обработки резьбовых отверстий при применении деформирующего инструмента с учетом моделирования процесса формообразования дюймовых резьб в глухих отверстиях деформирующим инструментом.

Ключевые слова: технологический процесс, алюминиевые сплавы, газоусадочная пористость, резьбовое соединение, деформирующий инструмент.

A. Permyakov, I. Abdulkirimov**TECHNOLOGICAL MAINTENANCE OF TIGHTNESS OF THREADED CONNECTIONS
OF PARTS BASED ON SURFACE PLASTIC DEFORMATION**

The paper suggests new approaches to scientific and technical problem of technological maintenance of tightness of threaded connections of aluminum alloy with a gas shrinkage porosity deforming tool.

The results of analytical and experimental research method of machining of the threaded holes in the application of the deforming tool based on modeling the process of forming inch threads in blind holes deforming tool.

Keywords: process, aluminum alloys, gas shrinkage porosity, threaded connection, a deforming tool.

Введение. Современные тенденции обеспечения качества обработки ответственных изделий машиностроения требуют совершенствования технологических методов обработки. Рассматриваемые корпусные детали пневмоаппаратуры из алюминиевых сплавов, работающих под давлением до 1МПа, представляют собой отливки средней сложности с габаритными размерами от 50 до 160 мм, толщиной стенок от 2,5 до 8 мм и массой от нескольких десятков грамм до 1,5 кг. Литье под давлением (ЛПД), как малоотходный и высокопроизводительный процесс получения точных отливок сложной конфигурации с качественной поверхностью, широко применяется в машиностроении, автомобильной, тракторной, приборостроительной и многих других промышленности. Однако наряду с преимуществами ЛПД имеет один значительный недостаток – это повышенная газо-усадочная пористость, и как следствие – низкая герметичность отливок для изделий, работающих под давлением.

В качестве присоединительных элементов корпусные детали пневмоаппаратуры имеют метрические (до М72) и конические (до К 1 1/2") резьбы. Получение таких резьб традиционными методами с использованием метчиков приводит к тому, что в процессе формирования резьбы происходит «вскрытие» пор, которые могут быть изолированными или образовывать систему сквозных каналов и стать причиной потери герметичности резьбового соединения. Для обеспечения герметичности резьбовых соединений в литых деталях с газо-усадочной пористостью применяют различные герметики или метод вакуумной пропитки компаундами. Однако, возникающие в процессе эксплуатации изделия линейные и объемные температурные

расширения, могут снижать работоспособность изделий из-за потери герметичности разъемных соединений.

Очевидно, при механической обработке корпусной детали необходимо в процессе формирования резьбы в корпусных деталях пневмоаппаратуры или предварительно перед ним «закрывать» эти поры и изолировать их друг от друга. Способ подготовки поверхностного слоя глухих отверстий в литых алюминиевых сплавах основывается на применении специального деформирующего инструмента. Технология с применением деформирующего инструмента позволяет получить плотный безпористый поверхностный слой и обеспечить герметичность резьбовых соединений в деталях, полученных методом ЛПД.

Исследование технологических свойств алюминиевого сплава АК12М2, полученного литьем под давлением.

На основе методики определения коэффициента трения была разработана методика определения параметров инструмента и его режимов работы с учетом показателей качества поверхности для литого алюминиевого сплава АК12М2 (рис.1.).

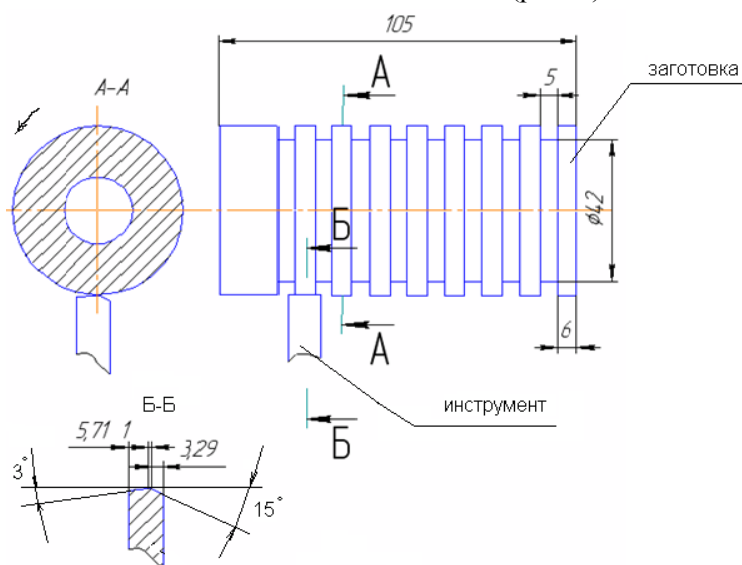


Рис.1 Схема исследования закономерностей механики ППД литых алюминиевых сплавов

Для исследования закономерностей механики ППД предложена следующая методика: ППД осуществляется по наружной поверхности цилиндрической литой заготовки получаемой литьем под давлением из сплава АК12М2. Для обеспечения пористости такой же, как у обработанных изделий модели (заготовки) отливались при тех же технологических условиях, но с разными плотностями. Плотность варьировалась с помощью применения различных усилий прессования при литье для обеспечения адекватности модели к производственным изделиям. Параметры плотности определялись по известным зависимостям с точностью $\pm 0.001 \text{ г/см}^3$.

Обкатка проводилась с помощью деформирующих инструментов. Деформирующие инструменты были изготовлены с помощью перешлифовки прямых проходных резцов из быстрорежущей стали марки Р6М5К5 с точностью $\pm 0^{\circ}10'$. При моделировании процесса поверхностно пластического деформирования сплава АК12М2 угол рабочего конуса задавался в пределах от 3° до 8° . Ширина контакта деформирующей части инструмента находилась в пределах от 2 до 5 мм, поскольку при ширине менее 2 мм нет возможности выполнить обкатывание с поперечной подачей из-за не достаточной прочности выступа деформируемого выступа модели, а ширина более 5 мм не рациональна с точки зрения как глубины деформирования, так и возникающих усилий деформирования. Угол задней поверхности β выбран 15° по аналогии с режущим клином.

Структурный анализ показал, что при выглаживании поверхности формируются аналогично, но при этом предварительно корка удаляется обтачиванием. Для формирования плотного поверхностного слоя необходимы большие сдвиговые деформации, при которых происходит «залечивание» пор. Применялось многоцикловое (ступенчатое) ППД с числом циклов 8-15. Для этого были сформированы выступы (нарезаны пазы), для каждого из выступов на каждой модели применили свое количество циклов, что дало возможность проанализировать влияние количества

циклов на качество поверхности. Циклом в данном случае является контактное взаимодействие модели с деформирующим инструментом за один оборот шпинделя. Количество оборотов шпинделя 25 об/мин и поперечную подачу 0.05мм\об приняли согласно рекомендациям по скорости деформирования.

В ходе проведения эксперимента были получены следующие данные (рис.2.) для заготовки с плотностью $\rho=2.735 \text{ г/см}^3$ и инструментом с углом деформации 4 градуса при скорости деформации $\xi=3,77 \text{ м/мин}$, $S_p=0,05 \text{ мм/об}$. Из макроснимков видно что закрытие поры после 8 ми циклов происходит не полностью и как следствие не происходит сдвиговых деформаций. Исходя из этих данных установлено, что данные режимы не являются оптимальными. Следовательно количество циклов должно быть увеличено.

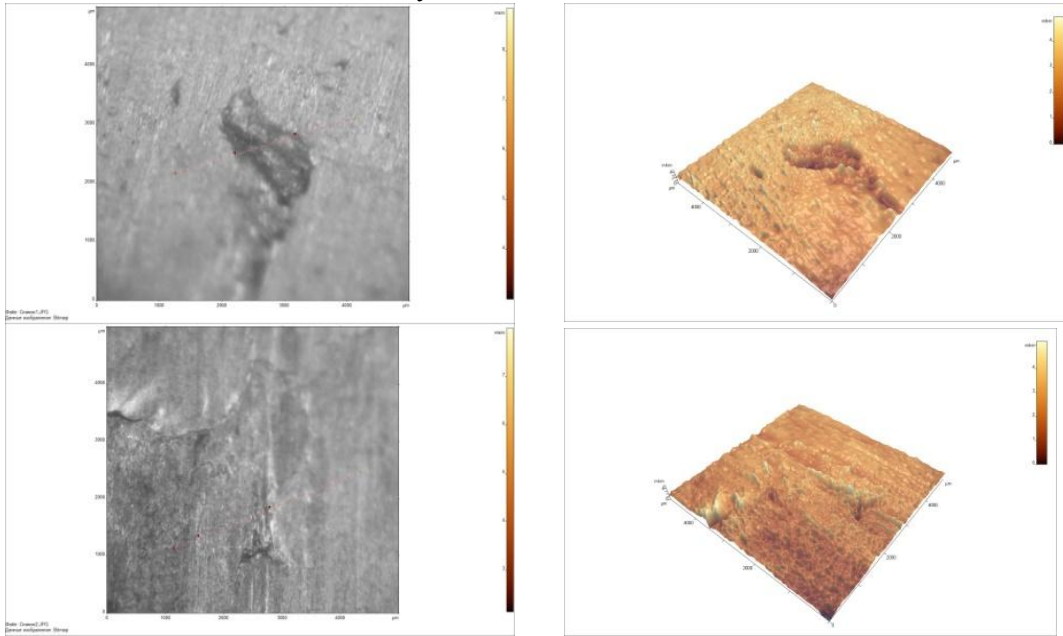


Рис.2 Заготовка №1 с плотностью $\rho=2.735 \text{ г/см}^3$ и инструментом с углом деформации 4 градуса при скорости деформации $\xi=3,77 \text{ м/мин}$, $S_p=0,05 \text{ мм/об}$

В дальнейшем для этой же заготовки проведе ряд сравнений пор до и после деформирования установили, что оптимальными режимами являются угол деформации 4 градуса при скорости деформации $\xi=3,77$ и 13 циклов нагружения (рис.3.).

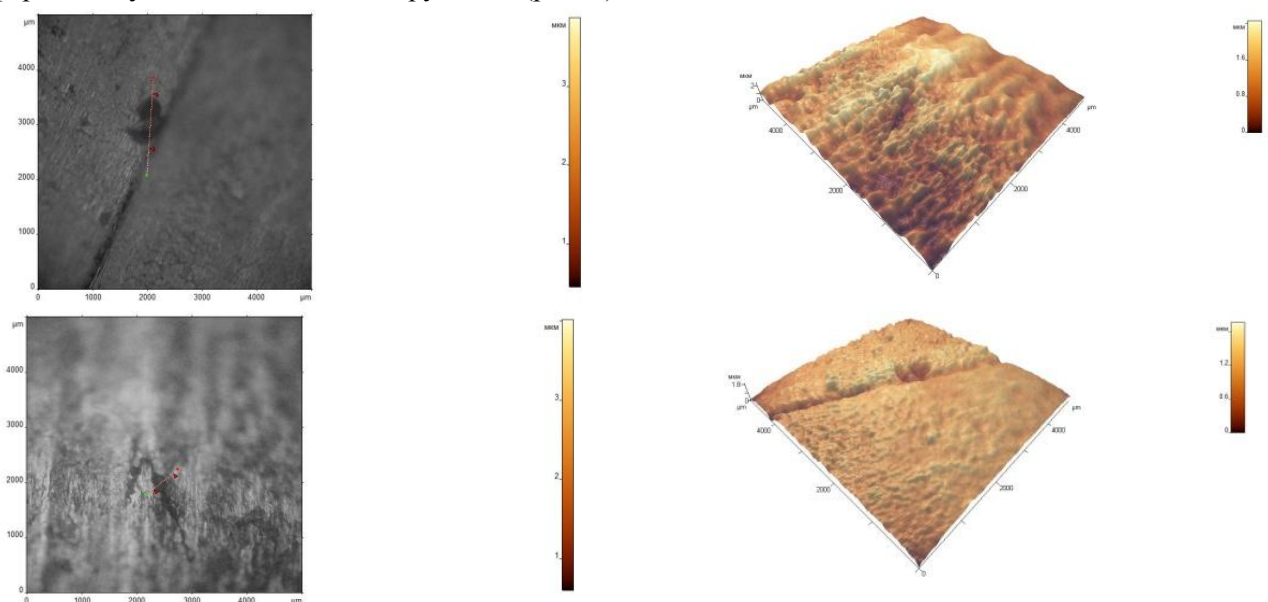


Рис.3 Заготовка №1 с плотностью $\rho=2.735 \text{ г/см}^3$ и инструментом с углом деформации 4 градуса при скорости деформации $\xi=3,77 \text{ м/мин}$, $S_p=0,05 \text{ мм/об}$

Для выявления эффекта «закрытия» пор и выявления наиболее качественной поверхности использовались визуальные методы наблюдения с помощью микротвердомера ПМТ-3. Поры и макротрещины на поверхности заготовки были сфотографированы до и после ППД (рис.2., рис.3.). На основании полученных данных установлено, что при ППД алюминиевого сплава АК12М2 возможно получение качественной поверхности. Анализ результатов показал, что скорость деформации при ППД влияет не так значительно на качество поверхности АК12М2 как количество циклов и угол деформации.

Моделирование процесса формообразования дюймовых резьб в глухих отверстиях деформирующим инструментом.

Для получения в соответствии с требованиями стандартов полного профиля дюймовой резьбы нужно рассчитать средний диаметр под накатывание резьбового соединения с учетом равенства вытеснения объемов материала выпуклой части резьбы и вогнутой, так как вследствие не точного расчета возможно заклинивание инструмента во время накатки либо получение неполного профиля (рис.4.).

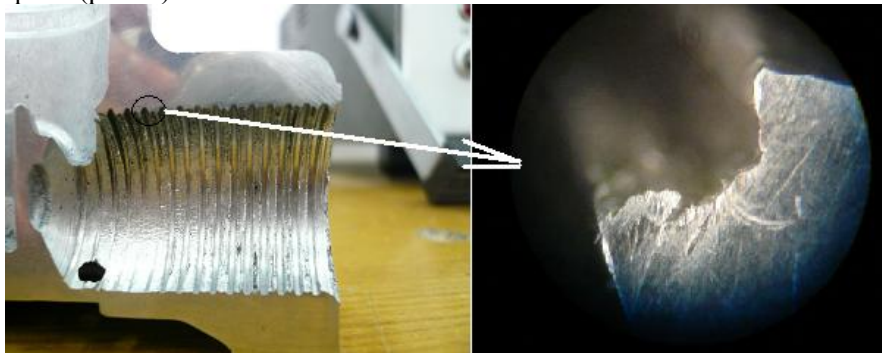


Рис.4 Неполный профиль трубной дюймовой резьбы вследствие неточного расчета среднего диаметра под накатывание

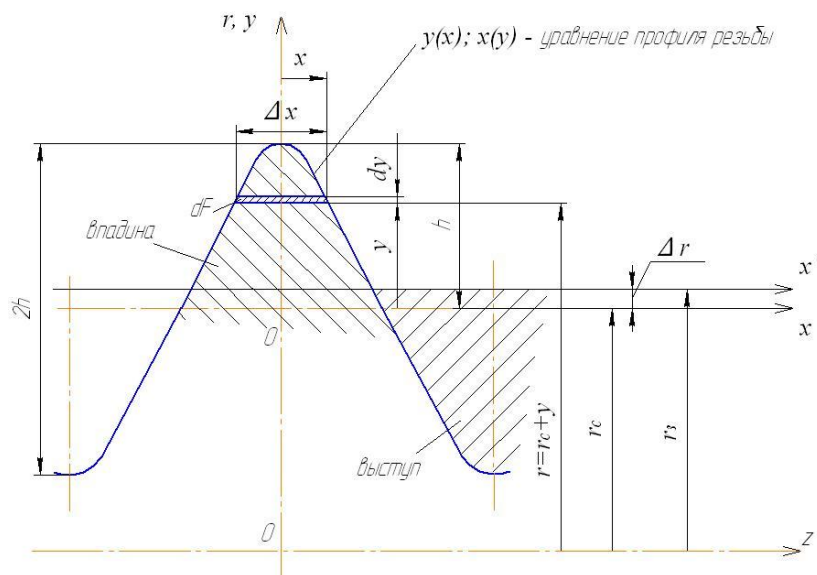


Рис.5 Модель профиля дюймовой резьбы для расчета диаметра под обработку накатыванием

Элементарная площадь

$$dF = \Delta x \cdot dy = 2x \cdot dy. \quad (1)$$

Элементарный объем

$$dV = 2\pi r \cdot dF = 2\pi(r_c + y)2x \cdot dy, \quad (2)$$

$$dV = 4\pi(r_c + y)x \cdot dy. \quad (3)$$

Объем выступа резьбы:

$$V_{sc} = \int_0^h dV = \int_0^h 4\pi(r_c + y)x \cdot dy = 4\pi \int_0^h (r_c + y)x(y) \cdot dy. \quad (4)$$

С учетом симметрии резьбы относительно резьбы x можно «перевернуть» картинку и рассматривать выступ как впадину с координатой $r = r_c - y$.

Тогда

$$V_{\text{сп}} = \int_0^h 4\pi(r_c - y)x(y) \cdot dy = 4\pi \int_0^h (r_c - y)x(y) \cdot dy. \quad (5)$$

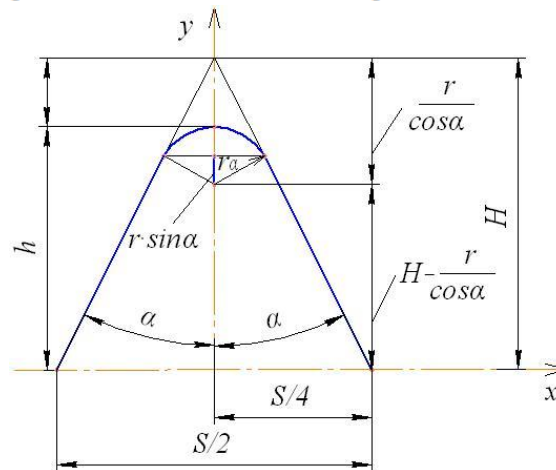


Рис. 6 Схема профиля трубной резьбы

Имеем уравнение для Δr :

$$\int_{\Delta r}^h (r_c + y)x(y) \cdot dy = \int_{-\Delta r}^h (r_c - y)x(y) \cdot dy. \quad (6)$$

Далее получим уравнение профиля резьбы. Из (рис.6.) $2\alpha = 55^\circ$; S – шаг резьбы; $H = S/4 \cdot \text{ctg}\alpha$.

Тогда

$$H - \frac{r}{\cos\alpha} = \frac{S}{2} \text{ctg}\alpha - \frac{r}{\cos\alpha},$$

$$h = H - \frac{r}{\cos\alpha} + r = \frac{S}{4} \text{ctg}\alpha - \frac{r}{\cos\alpha} + r.$$

Заданы шаг S ; высота выступа h .

Тогда можно вычислить r :

$$h = \frac{S}{4} \text{ctg}\alpha - r \left(\frac{1}{\cos\alpha} - 1 \right),$$

$$r = \frac{\frac{S}{4} \text{ctg}\alpha - h}{\frac{1}{\cos\alpha} - 1},$$

$$d_{\text{н}} = 2r = \frac{\frac{S}{4} \tan\alpha - h}{\cos\alpha - 1}. \quad (7)$$

Результаты расчетов сведены в таблицы рекомендуемых величин диаметров под накатку трубных резьб и стали основой создания деформирующего инструмента (рис.7.), позволяющего создать качественный поверхностный слой перед накатыванием резьбы.

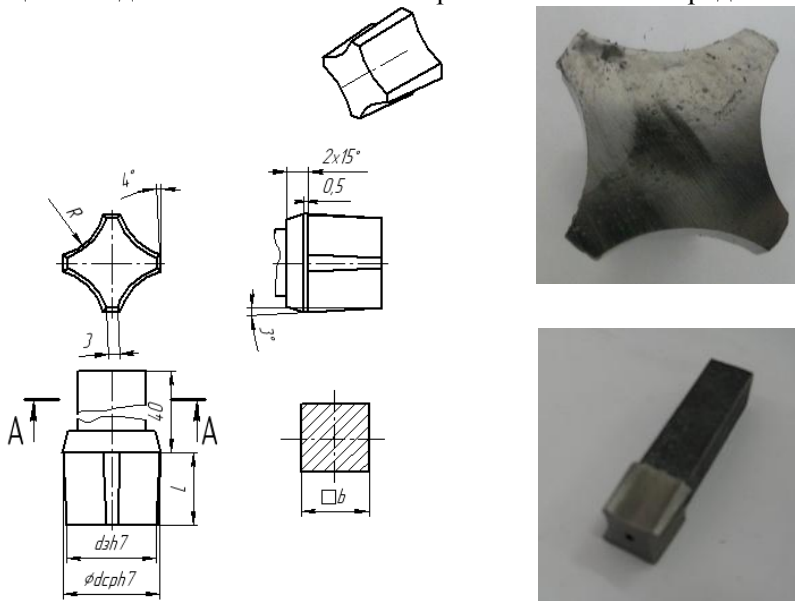


Рис. 7 Деформирующий инструмент

Созданный инструмент состоит из хвостовика и деформирующей части, которая в свою очередь имеет четыре деформирующих пера, угол наклона этих деформирующих частей составляет 4 градуса. У деформирующей части есть заборный, деформирующий, калибрующий участки и для обратного выхода инструмента из детали обратный конус. Инструмент изготовлен из инструментальной стали Р6М5К5. Твердость инструмента 55-60 НРС. На конструкцию инструмента получен патент Украины на полезную модель №56193, Бюл.№1 от 10.01.2011.

Выводы. Практика использования метода поверхностно-пластического деформирования при формообразовании поверхностей позволила предположить возможность применения его для подготовки поверхностного слоя глухих отверстий в литых алюминиевых сплавах с газоусадочной пористостью путем формирования плотного безпористого поверхностного слоя как основы обеспечения герметичности резьбовых соединений

На основе исследования технологических особенностей алюминиевого сплава АК12М2 и процесса его поверхностно-пластического деформирования определены условия обеспечения качества обрабатываемой поверхности в зависимости от количества циклов и угла деформации.

Анализ результатов обработки деформирующим инструментом показал, что брак в виде неполного профиля резьбы возникает в следствии неточного расчета среднего диаметра отверстия под накатывание. Полученная модель профиля дюймовой резьбы для расчета диаметра под обработку накатыванием дала возможность определить средний диаметр отверстия под накатывание для трубных резьб первого (предпочтительного) ряда. Расчетные конструктивные и технологические параметры обработки поверхностно-пластическим деформированием сплава АК12М2 позволили создать новый деформирующий инструмент для глухих отверстий.

1. Меньшаков В.М. Бесстружечные метчики. / В.М. Меньшаков, Г.П. Урлапов, В.С. Середа, – М., «Машиностроение», 1976. – 167 с.
2. Розенберг О.А. Технологическая механика деформирующего протягивания. / О.А. Розенберг, Ю.А. Цеханов, С.Е. Шейкин. – Воронеж: Воронежская гос. технолог. акад., 2001. – 200 с.
3. Шейкин С.Е. Научные основы технологического управления микрорельефом поверхности и упрочнение поверхностного слоя при деформирующем протягивании: дис. докт. техн. наук.: спец. 05.02.08. «Технология машиностроения» / С.Е. Шейкин – Киев, 2008 –280 с.

Стаття надійшла до редакції 25.12.2015