

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
XII Международной научно-практической конференции

27–29 мая 2021 г.

Томск 2021

УДК 62.002:658(063)

ББК 34.4:65л0

И66

И66 **Иновационные технологии в машиностроении** : сборник трудов XII Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 166 с.

ISBN 978-5-4387-1000-4

Сборник содержит материалы XII Международной научно-практической конференции по современным проблемам инновационных технологий в сварочном производстве, машиностроении, металлургии, автоматизации производства и экономике.

Предназначен для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов технических специальностей.

УДК 62.002:658(063)

ББК 34.4:65л0

Ответственный редактор

С.А. Солодский

Редакционная коллегия

М.А. Кузнецов

Д.А. Чинахов

Т.Ю. Чернышева

Е.В. Телипенко

А.Г. Мальчик

А.В. Проскоков

Н.А. Сапрыкина

Э.Ф. Кусова

ISBN 978-5-4387-1000-4

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2021

СОДЕРЖАНИЕ

**СЕКЦИЯ 1: ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ
МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ ПОРОШКОВ КОБАЛЬТ ХРОМА И МОЛИБДЕНА НА ПОРИСТОСТЬ ОБРАЗЦОВ	
<i>Сапрыкин Н.А., Сапрыкин А.А., Шаркеев Ю.П., Ибрагимов Е.А., Химич М.А.</i>	6
БЕСКОНТАКТНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ДИСКОВ	
<i>Девойно О.Г., Луцкович З.М., Пилипчук А.П.</i>	9
ШЛИЦЕВАЯ ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ ПРОТЯЖКА	
<i>Касенов А.Ж., Абишев К.К., Муканов Р.Б.</i>	11
НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА МЕХАНОКОМПОЗИТЫ СИСТЕМЫ Ti-AL МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ	
<i>Попов А.А., Ситников А.А., Яковлев В.И.</i>	14
ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ТИПА ТВЁРДЫХ ДОБАВОК В СПЛАВ AL-SN	
<i>Русин Н.М., Скоренцев А.Л.</i>	17
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОГО И ВИБРОПЛАСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕТАЛЛЫ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ	
<i>Сташенко В.И., Скворцов О.Б., Троицкий О.А.</i>	21
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ВИБРАЦИОННОГО ОТКЛИКА НА ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА В ПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛАХ	
<i>Троицкий О.А., Скворцов О.Б., Сташенко В.И.</i>	26
ВЛИЯНИЕ ТИПА НАПОЛНИТЕЛЯ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЕЧЁННОГО КОМПОЗИТА AL-0SN	
<i>Скоренцев А.Л., Русин Н.М.</i>	31
ВЛИЯНИЕ ТЕМПА НАГРЕВА НА ПРОЦЕСС ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА В СИСТЕМЕ Ti-AL-C	
<i>Собачкин А.В., Мясников А.Ю., Ситников А.А.</i>	35
ЛАЗЕРНОЕ ОПЛАВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СТАЛИ 0P6M5 И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ИЗНОСА В ПАРЕ ТРЕНИЯ	
<i>Гнюсов С.Ф., Федин Е.А.</i>	38
ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА	
<i>Теслев С.А., Теслева Е.П., Досумкулов Д.У.</i>	41

**СЕКЦИЯ 2: ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫМ СОСТОЯНИЕМ БРОНЗЫ, НАПЕЧАТАННОЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Хорошко Е.С., Филиппов А.В., Шамарин Н.Н.</i>	45
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БИМЕТАЛЛА СТАЛЬ 45+P6M5, ПОЛУЧЕННОГО СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ	
<i>Пинаев В.Г.</i>	47
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ НАГРЕВА И РЕЛАКСАЦИИ ОСТАТОЧНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ СВАРКЕ	
<i>Скворцов О.Б., Сташенко В.И., Троицкий О.А.</i>	50
СВАРИВАЕМОСТЬ МАЛОПЛАСТИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ	
<i>Пинаев В.Г.</i>	55
ЭВОЛЮЦИЯ ИЗНАШИВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СТАЛИ M2	
<i>Гнюсов С.Ф., Федин Е.А., Тарасов С.Ю.</i>	59

деформированного состояния при лазерной обработке. Результаты расчета температурных напряжений в стальном диске при осесимметричном нагреве показывают, что на этапе нагрева в образцах возникают окружные напряжения, превышающие предел текучести. Представлен результат эксперимента по бесконтактной лазерной деформации диска из стали 65Г толщиной 6 мм и диаметром 220мм. Деформация по внешнему контуру составила 3 мм.

Список используемых источников:

1. Лукьяненко, С.А., Михайлова, И.Ю. Методы моделирования температурного поля при бесконтактной лазерной деформации пластины / Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – №1 (89). – С.182–187.
2. Лазерні технології та компютерне моделювання / Під. Ред. Л.Ф. Головка, С.О. Лукьяненка. – К.: Выставка, 2009. – 296 с.
3. Моделирование процесса бесконтактной лазерной деформации адаптивным методом / Л.Ф. Головка [и др.] // Электронное моделирование. – 2011. – №3. – С. 71–84.
4. Non-contact sheet forming using lasers applied to a high strength aluminum alloy / R. H. M. Siqueira, S. M. Carvalho, I. K. L. Kam, R. Riva, M. S. F. Lima // Journal of Materials Research and Technology. – 2016. – №5(3). – P.275–281
5. Григорьянц, А.Г. Основы лазерной обработки материалов / А.Г. Григорьянц. – М. Машиностроение, 1989. – 304 с.
6. Термопрочность деталей машин / И. А. Биргер [и др.]. М.: «Машиностроение», 1975. – 455 с.
7. Биргер И. А., Мавлютов Р. Р. Сопrotивление материалов: Учебное пособие.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 560 с.

ШЛИЦЕВАЯ ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ ПРОТЯЖКА

*А.Ж. Касенов, к.т.н., К.К. Абишев, к.т.н., Р.Б. Муканов, м.т.н., докторант
Торайгыров университет
140008, г. Павлодар ул. Ломова 64, тел. (7182)-67-36-33
e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru*

Аннотация: В статье приведена конструкция шлицевой двухступенчатой протяжки с прямобочным профилем шлицев одинарного резания с периферийным и боковым резанием, где первая ступень - это уменьшенная ширина режущего выступа зуба позволяет увеличить подачу на зуб соответственно до значения подач при прогрессивной схеме резания на первой ступени. Вторая ступень по схеме срезания стружки более подобна генераторной схеме резания, при которой подачи на зуб также увеличенные.

Применение позволяет уменьшить число режущих зубьев, длину, расход инструментального материала и повысить экономическую эффективность.

Abstract: The article presents the design of a two-stage spline broach with a straight-line profile of single-cut slots with peripheral and lateral cutting, where the first stage is a reduced width of the cutting protrusion of the tooth allows you to increase the feed per tooth, respectively, to the feed value with a progressive cutting scheme at the first stage. The second stage according to the chip cutting scheme is more similar to the generator cutting scheme, in which the feed to the tooth is also increased.

The application allows you to reduce the number of cutting teeth, length, tool material consumption and increase economic efficiency.

Ключевые слова: шлицы, протяжка, стойкость, качество, эффективность, производительность.

Keywords: splines, broaching, durability, quality, efficiency, productivity.

Введение

Выполнение служебного назначения деталями машин и механизмов зависит от многих факторов: условий и срока эксплуатации, квалификации станочника, методов и технологии их изготовления. Большинство деталей машин имеют отверстия, в том числе со шпоночными пазами и шлицами, получаемые долблением, строганием или протягиванием. Последнее более производительнее и экономически оправдано в крупносерийном и массовом производствах.

Протягивание обеспечивает получение отверстий 6-7 квалитетов с шероховатостью поверхности по R_a не более $1,25 \div 0,32$ мкм и выполняется разными схемами резания: профильная; прогрессивная или переменного резания; генераторная (рисунок 1).

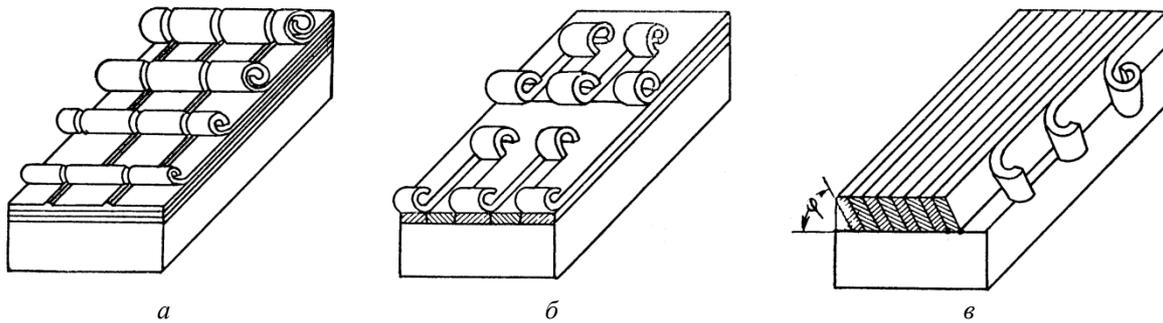


Рис. 1. Схемы резания при протягивании

Производительность и эффективность процесса протягивания основывается на большой длине режущих кромок и соответственно количеству одновременно участвующих в процессе резания зубьев за один рабочий ход [1-2].

При обработке отверстий протяжками с круглыми зубьями сила резания скачкообразно изменяется вследствие переменного количества одновременно работающих зубьев, шаг которых обычно не кратен длине обрабатываемой детали. В результате постоянно меняется НДС технологической системы и возникновение колебаний, которые уменьшают качество обработки (увеличивается шероховатость, отклонение от заданной геометрической формы отверстия) и снижается стойкость протяжки [3-7].

Результаты и обсуждение

На протяжении нескольких лет на кафедре машиностроения и стандартизации Торайгыров университета проводятся работы по проектированию и конструированию металлорежущих инструментов для улучшения условий резания [3-8].

Авторами [9] предлагается конструкция протяжки с винтовыми равноширокими зубьями с профильной схемой резания для обработки цилиндрических отверстий, которая позволяет повысить качество протягиваемых деталей и одновременно повысить стойкость между переточками самой протяжки и снизить затраты на её эксплуатацию и переточку.

Дальнейшее улучшение условий резания, шероховатости протянутого отверстия и использование прогрессивных конструкций позволило разработать конструкцию двухступенчатой прогрессивной протяжки для обработки цилиндрических отверстий [10], позволяющая увеличить производительность обработки, уменьшить усилия протягивания и вибрации, удельное давление на зубья протяжки, тем самым увеличивая стойкость протяжки и качество обработки цилиндрических отверстий.

На рисунке 2 показана авторская конструкция шлицевой двухступенчатой протяжки с прямобочным профилем шлицев одинарного резания с периферийным и боковым резанием, где цифрами обозначены: участок 1 - передняя направляющая; участок 2 - длина первой ступени режущей части протяжки с резанием периферией зуба (по наружному диаметру), размеры и форма режущих выступов, выполненных под наклоном τ , показаны в сечении А-А, где b_1 - начальная ширина режущих выступов, S_{z1} - подача на зуб на первой ступени, ширина зуба уменьшена с соответственным соотношением припусков на обработку для формирования наружного диаметра первой ступенью и ширины шлица второй ступенью, d_i - диаметр окружности впадин между шлицами, D_e - наружный диаметр шлицев; участок 3 - длина второй ступени, которая производит обработку боковых сторон шлицев, как показано в сечении Б-Б, где d_i - диаметр окружности впадин между шлицами, b_o - окончательная ширина шлицевого выступа, обработанной впадины, S_{z2} - подача на зуб на второй ступени; участок 4 - длина калибрующей части с шириной калибрующих зубьев b_k ; участок 5 - канавка между калибрующей и направляющей частями; участок 6 - задняя направляющая (сечение Г-Г).

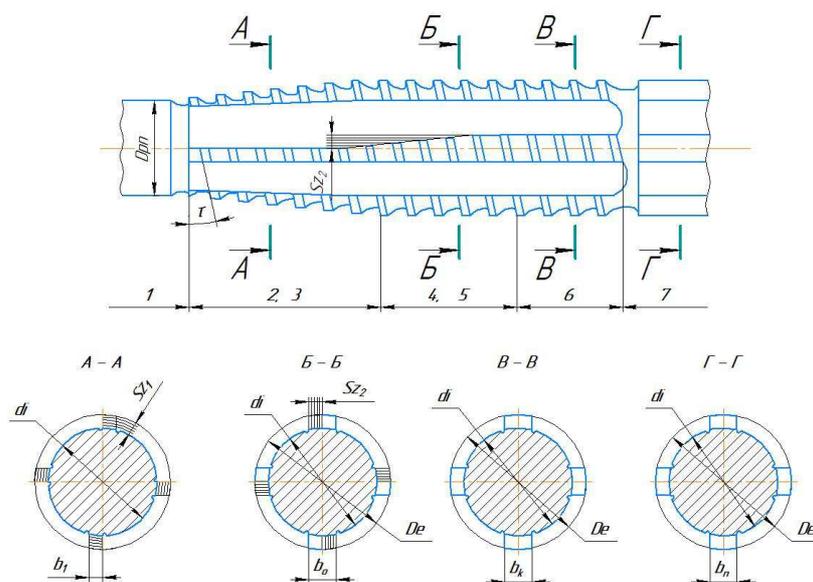


Рис. 2. Шлицевая двухступенчатая протяжка

Работа протяжкой осуществляется следующим образом, первая ступень режущей части прорежет более узкие канавки вдоль образующей цилиндрического отверстия, примерно равные половине высоты (ширины) шлицевых выступов. Вторая ступень режущей части расширяет полученные канавки до размера впадины между шлицами. Уменьшенная ширина режущего выступа зуба позволяет увеличить подачу на зуб соответственно до значения подач при прогрессивной схеме резания на первой ступени. Вторая ступень по схеме срезания стружки более подобна генераторной схеме резания, при которой подачи на зуб также увеличенные.

Выводы.

Таким образом, применение шлицевой двухступенчатой протяжки с прямобочным профилем шлицев одинарного резания с периферийным и боковым резанием позволяет уменьшить число режущих зубьев, длину, расход инструментального материала и повысить экономическую эффективность.

Исследования проводятся в рамках грантового финансирования молодых ученых на 2021-2023 годы по бюджетной программе 217 "Развитие науки", подпрограмме 102 "Грантовое финансирование научных исследований" ИРН АР09058231.

Список используемых источников:

1. Кацев П. Г. Обработка протягиванием. - М. : Машиностроение. 1986. - 272 с.
2. Скиженко В. Ф., Лемешонок В. Д., Цегельник В. П. Высокопроизводительное протягивание. - М.: Машиностроение, 1990. - 240 с.
3. Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К., Касенов А.Ж., Тастенов Е.К., Искакова Д.А. Новые режущие инструменты для работы на токарных, расточных, сверлильных и протяжных станках для повышения качества обработки деталей // Наука и техника Казахстана. 2006. - № 2. - С. 5-9.
4. Дудак Н.С., Шерниязов М.А., Степаненко Б.М., Ворошцова С.А. Теоретические исследования вибраций при протягивании // Наука и техника Казахстана. 2002. - № 3. - С. 158 - 166.
5. Dudak N., Taskarina A., Kasenov A., Itybaeva G., Mussina Z., Abishev K., Mukanov R. Hole machining based on using an incisive built-up reamer. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2017. - Т. 18. - № 10. - С. 1425-1432.
6. Mukanov R. B., Kasenov, A.Z., Itybaeva G. T., Musina Zh. K., Abishev K., Vykov P. O. Face Turning of Holes // Russian Engineering Research, 2019. - Volume 39. - Issue 1 - PP. 75-78
7. Касенов А.Ж. Формирование шероховатости поверхности отверстия обработанного развёрткой-протяжкой. Наука и техника Казахстана. 2011. - № 3-4. - С. 46-49.
8. Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К. Конструкции металлорежущих инструментов. В сборнике: Инновационные технологии в машиностроении сборник трудов VII Международной научно-

- практической конференции // Юргинский технологический институт Томского политехнического университета. 2016. - С. 123-126.
9. Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К., Касенов А.Ж., Таскарина А.Ж., Курмангалиев Т.Б. Конструкция протяжки профильной схемы резания с винтовыми равноширокими зубьями // Вестник ВКГТУ. - 2014. - № 1 - С. 25-30.
10. Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К., Таскарина А.Ж. Двухступенчатая прогрессивная протяжка для обработки цилиндрических отверстий // В сборнике: Инновационные технологии в машиностроении. Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции. 2018. - С. 292-293.

НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА МЕХАНОКОМПОЗИТЫ СИСТЕМЫ Ti-Al МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

А.А. Попова^{1,а}, к.т.н., доц., А.А. Ситников¹, д.т.н., проф., В.И. Яковлев, к.т.н., доц.

¹*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

656099, г. Барнаул, пр. Ленина 46, тел. (3852)-29-08-79

^а*E-mail: anast_82@mail.ru*

Аннотация: в работе получены плакированные прекурсоры состава TiAl- SiO₂ методом магнетронного осаждения. Установлена корреляция между значениями толщины осаждаемой пленки на частицы механокомпозита и временем магнетронного напыления при постоянных значениях скорости. Определено, что рациональное время плакирования механокомпозитов системы Ti-Al, составляет 40 мин., в результате которого значение толщины осажденной пленки SiO₂ составляет 5,2 мкм.

Abstract: the investigations of (Ti + Al)-SiO₂ surfacing by magnetron deposition are presented in this article. The correlation between film's thickness deposited on the particles by mechanocomposites and magnetron sputtering time was established. It was determined that the rational time for surfacing by Ti-Al mechanocomposites system is about 40 minutes. According that deposition time the thickness of deposited SiO₂ films were obtained as 5.2 microns.

Ключевые слова: механокомпозиты, магнетронное напыление, алюминиды титана.

Keywords: mechanocomposites, magnetron sputtering, titanium aluminides.

Одним из наиболее перспективных направлений в области разработки новых металлических материалов с высоким уровнем жаростойкости и термической стабильности является создание интерметаллидных сплавов системы Ti-Al. Эти сплавы в ближайшем будущем могут составить серьезную конкуренцию суперсплавам на основе никеля, так как алюминиды титана более легкие, не требуют для легирования дорогостоящих и дефицитных элементов.

Современным направлением в порошковой металлургии является применение исходных порошков в виде микрокомпозитов с дополнительными компонентами - премиксами. Использование премиксов существенно влияет на формирование структуры и свойств готового продукта. Одним из проекционных способов получения качественных композитных материалов является использование в качестве исходного материала порошков с покрытием, нанесенным с помощью магнетронного напыления [1].

Магнетронное распыление - это метод ионной бомбардировки с участием магнитного поля, в результате чего освобожденные атомы из мишени осаждаются на подложку. Технология магнетронного напыления основана на действии диодного газового разряда в скрещенных полях. В процессе работы установки в плазме тлеющего заряда образуются ионы газа, которые воздействуют на распыляемое вещество. Основными элементами магнетронной системы являются: анод; катод; магнитный узел. Преимущества магнетронного метода: высокая производительность; точность химического состава осажденного вещества; равномерность покрытия; отсутствие термического воздействия на обрабатываемый материал [2].

Методы магнетронного распыления имеют большие перспективы промышленного применения благодаря сочетанию высокой скорости нанесения и хорошей адгезии наносимых покрытий с возможностью управления параметрами напыления за счет изменения потенциала смещения, давления и состава газовой среды, а также времени и интенсивности напыления.

Целью данной работы является - получить плакированные механокомпозиты состава: TiAl- SiO₂ магнетронным осаждением. Установить корреляцию между значениями толщины осаждаемой пленки на частицы механокомпозита и временем магнетронного напыления при постоянных значениях скорости.

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
XII Международной научно-практической конференции

**Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание
представленной информации ответственность несут авторы**

Компьютерная верстка и дизайн обложки
Э.Ф. Кусова

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета**



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ