

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Сумський державний університет

***СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В  
ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ***

***МАТЕРІАЛИ***

***II Всеукраїнської міжвузівської  
науково-технічної конференції  
(Суми, 17 – 20 квітня 2012 року)  
ЧАСТИНА 1***

***Конференція присвячена  
6-му Всеукраїнському фестивалю науки  
і Дню науки в Україні***

Суми

Сумський державний університет

2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Сумський державний університет

# **Сучасні технології в промисловому виробництві**

Матеріали

II Всеукраїнської міжвузівської  
науково-технічної конференції  
(Суми, 17 – 20 квітня 2012 року)

ЧАСТИНА 1

*Конференція присвячена  
6-му Всеукраїнському фестивалю науки  
і Дню науки в Україні*

## ***Шановні пані та панове!***

Деканат і кафедри факультету технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошують Вас взяти участь у роботі II Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції «Сучасні технології в промисловому виробництві», присвяченій 6-му Всеукраїнському фестивалю науки і Дню науки в Україні.

Конференція проходитиме з 17 по 20 квітня 2012 року.

Час та місце роботи секцій, які Вас цікавлять, зазначені у програмі.

Адреса університету: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Телефон для довідок: 33-10-24.

## ***Відкриття конференції***

17 квітня 2012 р.

Початок о 9<sup>00</sup>, ауд. ЛА-215.

**Програма і завдання конференції. Розповсюдження тез доповідей по секціях.**

**Голова оргкомітету - проф. Черноус А. М.**

## ***Робота по секціях***

### **СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

Голова – доц. Д. В. Криворучко

Секретар – ст. викладач В. О. Іванов

17 квітня 2012 р.

Початок о 13<sup>00</sup>, ауд. А215.

1. Расширение технологических возможностей вспомогательных опор станочных приспособлений.

Докл.: Лукьяненко В.В., магистрант,  
Кушников П.В., доцент, СумГУ, г. Сумы.

2. Агрегатные головки для обработки широких взаимно перпендикулярных плоских поверхностей.

Докл.: Крайняк Д.Б., магистрант,  
Кушников П.В., доцент, СумГУ, г. Сумы.

3. Повышение точности обработки отверстий при хонинговании головками повышенной жесткости.

Докл.: Баранов С.П., магистрант, СумГУ, г. Сумы.

4. Розроблення конструкцій швидкопереналаджуваних базуючих модулів.

Доп.: Дегтярьов І.М., інженер,  
Іванов В.О., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

5. Вдосконалення технологічної підготовки виробництва програмними засобами компанії «спрут-технологія».

Доп.: Обравіт Ю.А., студент,  
Іванов В.О., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

6. Підвищення ефективності обробки деталей типу втулка в умовах гнучкого автоматизованого виробництва.

Доп.: Шепелев В.О., магистрант,  
Іванов В.О., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

7. Определение площади активной поверхности режущего зерна.  
Доп.: Нижник С.Н., ст. преподаватель,  
Курин М.А., ст. преподаватель, НАКУ “ХАИ”, г. Харьков.
8. Особенности обработки цилиндрических отверстий в изделиях из армированных полимерных композиционных материалов.  
Докл.: Прийменко О.А., магистрант,  
Евтухов А.В., ст. преподаватель,  
Криворучко Д.В., доцент,  
Евтухов В.Г., доцент, СумГУ, г. Сумы.
9. Пошукова система електронних видань галузевих каталогів металорізальних верстатів.  
Доп.: Мужецький А.І., студент, Вакула Д.В., студент,  
Ніколаєнко Т.В., студент, Богуш Р.В., студент,  
Шибаяв П.С., студент,  
Руденко О.Б., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.
10. Повышение эффективности раскроя листового металла на машинах плазменной резки.  
Докл.: Бугрык Д. Е., студент, Романов Г.О., студент,  
Миненко Д.А., ассистент, СумГУ, г. Сумы.
11. Обработка канавок в деталях из силицированного графита.  
Докл.: Троицкий А.Н., студент, Мальцев О.С., студент,  
Миненко Д.А., ассистент, СумГУ, г. Сумы.
12. Возможности использования компьютерных систем для проектирования импульсных технологий.  
Докл.: Третьяк В.В., доцент,  
Невешкин Ю.А., мл. науч. сотрудник,  
Онопченко А.В., аспирант,  
Скорченко И.В., мл. науч. сотрудник, ХАИ, г. Харьков.
13. Классификация отверстий в смешанных пакетах ВПКМ/ металл.  
Докл.: Колесник В.А., аспирант,  
Криворучко Д.В., доцент, СумГУ, г.Сумы.
14. Повышение эффективности эксплуатации и технологии изготовления поршневых колец.  
Докл.: Моренец О.И., магистрант,  
Евтухов В.Г., доцент, СумГУ, г. Сумы.

15. Технологические особенности создания универсальных станочных приспособлений на основе электромагнитов.

Докл.: Фененко Н.С., магистрант,  
Осипов В.А., доцент, СумГУ, г. Сумы.

16. Технологические особенности отделочной обработки внешних цилиндрических поверхностей золотников доводкой.

Докл.: Цырик Д.Г., магистрант,  
Савчук В.И., доцент, СумГУ, г. Сумы.

17. Технологические особенности отделочной обработки внутренних поверхностей гильз цилиндров автомобиля ЯМЗ – 7511.

Докл.: Бакус Е.Н., студентка,  
Савчук В.И., доцент, СумГУ, г. Сумы.

18. Технологические особенности обработки хонингованием внешних поверхностей штоков шаровых кранов.

Докл.: Цевиль Р.С., студент,  
Савчук В.И., доцент, СумГУ, г. Сумы.

19. Повышение качества обработки отверстий методами ППД.

Докл.: Вакула Д.В., магистрант,  
Захаркин А.У., доцент, СумГУ, г. Сумы.

20. Повышение точности расчета суммарной погрешности токарной обработки.

Докл.: Николаенко Т.В., магистрант,  
Захаркин А.У., доцент, СумГУ, г. Сумы.

21. Усовершенствование технологии обработки глобидных червяков на токарных станках с ЧПУ.

Докл.: Ковалёва Т.А., ассистент, ДГМА, г. Краматорск.

22. Проектування технологічних процесів на принципах модульної технології в умовах ПАТ «СНВО ім. М.В. Фрунзе».

Доп.: Думанчук М.Ю., ст. викладач, СНАУ, м. Суми.

23. Обеспечение точности при сборке с натягом длинномерных деталей.

Докл.: Пирогов А.Д., гл. инженер насосного производства,  
ПАО «СНПО им. М.В. Фрунзе», г. Сумы;  
Залогова В.А., профессор, СумГУ, г. Сумы.

24. Моделювання процесу обробки на фрезерному верстаті 6P13Ф3 та прогнозування показників процесу стружкоутворення.

Доп.: Осадчий І.О., студент,  
Криворучко Д.В., доцент, СумДУ, м. Суми.

25. Гідроімпульсний привод робочих ланок віброабразивних зачисних верстатів.

Доп.: Манжілевський О.Д., асистент, ВНТУ, м. Вінниця.

26. Особенности моделирования изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов методом конечных элементов.

Докл.: Мужецкий А.И., магистрант,  
Колесник В.А., аспирант,  
Евтухов А.В., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы.

## **СЕКЦІЯ «ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»**

Голова – проф. В. О. Залога  
Секретар – доц. М. М. Кортун

19 квітня 2012 р.

Початок о 13<sup>25</sup>, ауд. ЛА-215.

1. Использование искусственных нейронных сетей при исследовании износа бумагорезального ножа из инструментальной стали.

Докл.: Алексеенко Д. М., доцент,  
Нестерова М. С., студентка, СумГУ, г. Сумы;  
Залавская Н. Н., магистр, СНАУ, г. Сумы.

2. Модель вибору оптимальних умов механічної обробки різанням при тангенціальному точінні за допомогою генетичного алгоритму.

Доп.: Дядюра К. О., доцент, Прокопенко О. В., аспірант,  
Ткачук Д. В., студент, СумДУ, м. Суми.

3. Зниження негативної технологічної спадковості виготовлення деталей енергетичного обладнання на основі синергетичного підходу.

Доп.: Дядюра К. О., доцент, Юнак А. С., аспірант,  
Максименко І. О., студентка, СумДУ, м. Сумы.

4. Особенности лезвийной микрообработки.

Докл.: Голобородько Л. В., аспирант,  
Некрасов С. С., ассистент, СумГУ, г. Сумы.

5. Вплив радіуса округлення різальної кромки на ресурс інструмента залежно від режиму різання.

Доп.: Голобородько Л. В., аспірант,  
Некрасов С. С., асистент, СумДУ, м. Суми.

6. Модернізація торцевої фрези NOVEX F2250 компанії WALTER.

Доп.: Городецький Е., студент, СумДУ, м. Суми.

7. Исследование рабочего пространства станков на основе механизмов с параллельной структурой.

Докл.: Емельяненко С. С., доцент,  
Борисенко Ю. С., студент, СумГУ, г. Суми.

8. Торцева фреза з тангенціальними фрезерними пластинами.

Доп.: Сьськова І., студентка, СумДУ, м. Суми.

9. Моделювання параметрів режиму різання на основі характеристичних функцій.

Доп.: Золотухіна Н. І., студентка,  
Лагута Г. Г., доцент, СумДУ, м. Суми.

10. Свердла зі змінним діаметром.

Доп.: Калашник М., студентка, СумДУ, м. Суми.

11. Верстати токарно-карусельної групи фірми HONOR SEIKI.

Доп.: Коротун М. М., доцент,  
Кононенко С. О., студент, СумДУ, м. Суми.

12. Переносний чотирикоординатний модульний верстат.

Доп.: Коротун М. М., доцент,  
Усик В. П., студент, СумДУ, м. Суми.

13. Розробка анімаційної моделі та досліди вузлів токарно-карусельного верстата.

Доп.: Коротун М. М., доцент,  
Котенко О. В., студент, СумДУ, м. Суми.

14. Стенд для віртуальної лабораторної роботи з металорізальних верстатів.

Доп.: Коротун М. М., доцент,  
Шевченко В. О., студент, СумДУ, м. Суми.

15. Дослідження коливань токарного верстата з метою прогнозування моменту своєчасної заміни різального інструмента.

Доп.: Нагорний В. В., аспірант,  
Залога В. О., професор, СумДУ, м. Суми.



16. Пристрій для вібросвердління.

Доп.: Обертюх Р. Р., доцент, Насонов М. В., магістр,  
Слабкий А. В., аспірант, ВНТУ, м. Вінниця.

17. Оптимізація режимів різання при обробці сплаву АК5М2 фрезами із твердого сплаву ВК8.

Доп.: Попов С. В., доцент, Горюн О. О., студент,  
ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, м. Полтава.

18. Композиційні матеріали періодичної структури.

Доп.: Резніченко С. М., аспірант, СумДУ, м. Суми.

19. Мониторинг износа режущего инструмента с использованием данных о динамическом состоянии технологической системы.

Докл.: Сироткин А. А., студент, Гонщик А. В., аспірант,  
Зинченко Р. Н., доцент, СумГУ, г. Сумы.

20. Синтез приводу металорізного верстата на основі багатопараметричної оптимізації.

Доп.: Таран О. А., студентка,  
Лагута Г. Г., доцент, СумДУ, м. Суми.

21. Das methode zur ermittlung des verschleisses der schneideklinge.

Speaker: Olga Zaloga, postgraduate student, SumSU, Sumy;  
Murat Ocak, student, IFW Uni, Stuttgart.

22. До питання підвищення працездатності канавкових та відрізнних різців.

Доп.: Залога В. О., професор,  
Чертіхін О. В., аспірант, СумДУ, м. Суми.

## **СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ В ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»**

Голова – проф. В. О. Залога  
Секретар – доцент О. В. Івченко

20 квітня 2012 р.

Початок о 13<sup>25</sup>, ауд. ЛА-215.

1. Нормативне забезпечення обласної цільової програми підтримки місцевих товаровиробників «Зроблено на Сумщині».

Доп.: Бобров О. О., студент, Заїка С. А., студент,  
Хярм В. М., аспірант, СумДУ, м. Суми.

2. Оцінювання якості електронних навчальних видань.  
Доп.: Алексєєв О. М., доцент,  
Буравкова О. О., студентка, СумДУ, м. Суми.
3. Дослідження питання розробки моделі фахівця.  
Доп.: Бятова Н. О., аспірант, Залога В. О., професор,  
Івченко О. В., доцент, СумДУ, м. Суми.
4. Дослідження нормативного забезпечення безпечності молока та молокопродуктів в Україні.  
Доп.: Васильєв Я. О., студент, СумДУ, м. Суми.
5. Аналіз якості технічного обслуговування і ремонту средств транспорту методами нечіткого моделювання.  
Докл.: Дудукалов Ю. В., доцент, ХНАДУ, г. Харків.
6. Класифікація витрат на якість інструментальної підготовки виробництва.  
Доп.: Залога В. О., професор, Івченко О. В., доцент,  
Погоржельська Ю. О., асистент,  
Садівничий О. О., студент, СумДУ, м. Суми.
7. Моделювання професійної діяльності персоналу як інструмент підвищення конкурентоспособності організації.  
Докл.: Крючкова Е. Н., студентка, СумГУ, г. Суми.
8. Інформаційне забезпечення системи управління якістю.  
Доп.: Красноусов М. М., студент, СумДУ, м. Суми.
9. Поняття «соціальної відповідальності» в контексті конкурентоспособності організації.  
Докл.: Раджаб Заде Мортеза, аспірант,  
Залога В. А., професор, Івченко А. В., доцент,  
СумГУ, г. Суми.
10. Дослідження нормативних вимог до конструктивних рішень машин, пов'язаних із задоволенням потреб людей з обмеженими фізичними можливостями.  
Доп.: Рзаєв Р. В., студент, СумДУ, м. Суми.
11. Управління якістю у промисловому виробництві.  
Доп.: Сарафаннікова Н. В., доцент, ХНТУ, м. Херсон.
12. Розробка програми та методики атестації кувеців (інкубаторів) для виходжування немовлят.  
Доп.: Сіренко М. В., студентка, СумДУ, м. Суми.

13. Основні передумови та цілі впровадження системи менеджменту якості на підприємствах нафтогазової галузі на базі міжнародних стандартів серії ISO 29000.

Доп.: Степанюк Г. С., асистент, Лесів Л. М., студентка,  
ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ.

## **СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

Голова – в.о. зав. каф. С. В. Марченко  
Секретар – ст. викладач О. П. Гапонова

19 квітня 2012 р.

Початок об 11<sup>25</sup>, ауд. Ц-222.

1. Дослідження особливостей формування фазового складу карбідних покриттів на сталях і твердих сплавах.

Доп.: Мисливченко О.М., студент, СумДУ, м. Суми.

2. Хромоалітування сталі 12Х18Н10Т з бар'єрним шаром нітриду титану.

Доп.: Аршук М.В., аспірант, Музика О.С., студент,  
Калашніков Г.Ю., студент, НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Харченко Н.А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

3. Вплив хромоалітування на зносостійкість сталі 12Х18Н10Т в умовах тертя ковзання без змашування.

Доп.: Аршук М.В., аспірант, Педенко С.А., студент,  
Танасюк В.С., студент, НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Петрова Н.В., студент, СумДУ, м. Суми.

4. Корозійна стійкість хромоалітованої сталі 12Х18Н10Т.

Доп.: Аршук М.В., аспірант, Лоскутова Т.В., доцент,  
Погребова І.С., професор, НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Каста В.І., студент, СумДУ, м. Суми.

5. Дизайн технології углефторопластових композитів як средство підвищення ефективності компресорних установок.

Докл.: Томас А.А., аспірант, ГВУЗ «УГХТУ»,  
г. Днепропетровск;  
Гутенко Л.И., студент, СумГУ, г. Сумы.

6. Нові дифузійні покриття за участі хрому на сталі У8А.

Доп.: Лоскутова Т.В., доцент, Левашов С.С., аспірант,  
Погребова І.С., професор, Лиховой Д.І., студент,  
НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Васянович Н.І., студент, СумДУ, м. Суми.

7. Дифузійні покриття за участі алюмінію на технічному титані.

Доп.: Лоскутова Т.В., доцент, Смокович І.Я., аспірант,  
Бобіна М.М., доцент,  
Лиховой Д.І., студент, НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Прозорова А.О., студент, СумДУ, м. Суми.

8. Компьютерное моделирование в решении технологических задач.

Докл.: Шульга Р.М., студент, СумГУ, г. Сумы.

9. Выбор материала и химико-термической обработки пиноли токарно-винторезного станка 16К20.

Докл.: Копнин В.Е., студент, СумГУ, г. Сумы.

10. Ефективність використання вальцювання у технологічному процесі підготовки вторинного вуглепластика.

Доп.: Берладір Х.В., студент,  
Руденко П.В., асистент, СумДУ, м. Суми.

11. Вплив прогресивних технологій термоциклічної обробки на підвищення міцнісних характеристик сталі 5ХНМ для штампів гарячого деформування.

Доп.: Берладір Х.В., студент,  
Говорун Т.П., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

12. Визначення оптимальної кількості вторинного подрібненого вуглепластика при формуванні вуглефторопластового композитного матеріалу.

Доп.: Руденко П.В., асистент,  
Пархомчук Ж.В., студент, СумДУ, м. Суми.

13. Покращання експлуатаційних характеристик штампного оснащення холодного деформування за рахунок використання термоциклічної обробки.

Доп.: Ніколаєнко О.О., студент,  
Говорун Т.П., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

14. Нітроцементация в пастах з нагріванням струмами високої частоти як один з найбільш прогресивних і економічних методів обробки для валів-шестерень.

Доп.: Говорун Т.П., ст. викладач,  
Татарченко А.М., студент СумДУ, м. Суми.

15. Упрочнение штока-поршня компрессора ЗГШ 1,6-1/4-25С ионным азотированием.  
Докл.: Ефименко А.М., студент,  
Пчелинцев В.А., доцент, СумГУ, г. Сумы.
16. Влияние ТЦО (термоциклической обработки) на свойства стали 20Х.  
Докл.: Жильцова В.И., студент,  
Пчелинцев В.А., доцент, СумГУ, г. Сумы.
17. Исследование методов повышения работоспособности инструмента из стали Р6М5.  
Докл.: Гонтарь М.А., студент, СумГУ, г. Сумы.
18. Повышение эксплуатационных свойств и качества поверхностного слоя узла шток-серьга при азотировании.  
Докл.: Раб В.Н., ст. преподаватель,  
Котенко В.Е., студент, СумГУ, г. Сумы.
19. Повышение эксплуатационных свойств деталей компрессоров методом хромирования.  
Докл.: Пархомчук Ж.В., студент, СумГУ, г. Сумы.
20. Упрочнение коленчатого вала наплавкой титаносодержащим белым чугуном с последующей химико-термической обработкой.  
Докл.: Криворук И.Н., студент, СумГУ, г. Сумы.
21. Исследование связи особенностей структуры стали Х6ВФ на износостойкость.  
Докл.: Чугай А.В., студент, СумГУ, г. Сумы.
22. Исследования влияния процессов упрочнения ножа роторной дробилки на его износостойкость.  
Докл.: Ефименко М.Н., студент, СумГУ, г. Сумы.
23. Хіміко-термічна обробка – борування сірого чавуну для гільзи циліндра ДВС.  
Доп.: Коваленко М.О., студент, СумДУ, м. Суми.
24. Технологический процесс упрочнения колеса козлового крана.  
Докл.: Любич А.И., доцент,  
Тищенко Ю.В., студент, СумГУ, г. Сумы.
25. Технология упрочнения гильзы дроссельной.  
Докл.: Любич А.И., доцент,  
Клименко В.С., студент, СумГУ, г. Сумы.

26. Совершенствование технологического процесса изготовления детали «шестерня ведомая заднего моста автомобиля МАЗ» из ковкого чугуна методом контролируемой горячей штамповки.

Докл.: Сенаторов А., студент,  
Гапонова О.П., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы.

27. Влияние термической обработки в магнитном поле на твердость быстрорежущих сталей.

Докл.: Гапонова О.П., ст. преподаватель,  
Троицкий А.Н., студент, СумГУ, г. Сумы.

28. Повышение долговечности пластин пресс-форм по изготовлению силикатного кирпича.

Докл.: Мартинович И.Ю., студент,  
Раб В.Н., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы.

29. Фторопластові композити вузлів тертя трибосистем з бінарними наповнювачами.

Доп.: Гутенко Л.І., студент, СумДУ, м. Суми.

30. Универсальные сборно-разборные приспособления для сварочного производства.

Докл.: Бондарь О.В., ассистент, ПНТУ, г. Полтава.

31. Застосування методу інфрачервоної спектроскопії для ідентифікації фулерену в розчині.

Доп.: Єфіменко О.В., аспірант,  
Самусенко Д.О., студент, НАУ, м. Київ.

32. Определение давления на фронте ударной волны при электрогидроимпульсной штамповке.

Докл.: Жовноватюк Я.С., ассистент,  
Мананков О.В., зав. лаб., НАКУ «ХАИ», г. Харьков.

33. Захисні покриття на основі металів змінної валентності.

Доп.: Андріянов О.Д., доцент, Кузнецова І.О., доцент,  
Янченко К.А., асистент, ОНАХТ, м. Одеса.

34. Методика математичного моделювання процесу формування зміцнених поверхневих шарів вакуумним азотуванням.

Доп.: Нежведілов А.Ю., аспірант, НАКУ «ХАІ», м. Харків.

35. Параметри контактного плавлення в системі Fe-C (графіт).

Доп.: Савуляк В.І., професор, Осадчук А.Ю., ст. викладач,  
Архіпова Т.Ф., доцент, ВНТУ, м. Вінниця.

36. Повышение износостойкости железоуглеродистых сплавов с мелкозернистым компактным графитом.  
Докл.: Савуляк В.И., профессор,  
Янченко А.Б., инженер, ВНТУ, г. Винница.
37. Управление режимом горения дуги в процессе размерной обработки деталей электрической дугой.  
Докл.: Смирнова Н.В., ассистент,  
Смирнов В.В., доцент, КНТУ, г. Кировоград.
38. Розробка дисперсійно-твердіючого елінвару та дослідження його термопружних властивостей.  
Доп.: Кучма С.М., доцент,  
Стародубов С.Ю., ст. викладач, ДонДТУ, м. Алчевськ.
39. Ресурсосберегающая технология изготовления сложнорельефных тонколистовых деталей.  
Докл.: Фролов Е.А., профессор, УкрГАЗТ, г. Харьков;  
Носенко О.Г., ст. преп., ПНТУ, г. Полтава.
40. Влияние состава водного раствора на физико-химические свойства межоперационных покрытий на основе триполифосфата натрия.  
Докл.: Власова Е.В., доцент, Карасик Т.Л., доцент,  
Левко Е.Н., доцент, НМетАУ, г. Днепрпетровск.
41. Отримання керамічних сплавів  $LaV_6 - TiV_2$  та  $V_4C - TiV_2$  методом електророзрядного спікання.  
Доп.: Єрмакова Д.І., студент, Загородня Е.В., студент,  
Марич М.В., студент,  
Богомол Ю.І., доцент, НТУУ «КПІ», м. Київ.
42. Усовершенствование технологического процесса упрочнения конуса шнекового барабана.  
Докл.: Любич А.И., доцент,  
Федина С.В., студент, СумГУ, г. Сумы.
43. Особенности упрочнения поверхностей рабочего колеса промышленной ступени насоса ЦНС240М.  
Докл.: Любич А.И., доцент,  
Варуха И.О., студент, СумГУ, г. Сумы.

## СЕКЦІЯ “МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ”

Голова – доц. В. О. Ячменьов

Секретар – доц. О. П. Маслов

19 квітня 2012 р.

Початок о 15<sup>00</sup>, ауд. Г–907.

1. О решении интегральных уравнений смешанного типа с разностным ядром.

Докл.: Ганнов В.С., студент, Ячменев В.А., доцент,  
Николенко В.В., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы.

2. Байесовская стратегия решения задачи о замене оборудования.

Докл.: Костенко В., студентка,  
Николенко В.В., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы.

3. Порівняльний аналіз різних деформованих числень.

Доп.: Папченко О., студент,  
Шуда І.О., доцент, СумДУ, м. Суми.

4. Основные задачи оптимального управления процессами, которые описываются дифференциальными уравнениями.

Докл.: Мальченков С.М., студент,  
Белоус Е.А., доцент, СумГУ, г. Сумы.

5. Застосування багатоточкової формули Тейлора (БФТ) до наближеного розв’язання диференціальних рівнянь.

Доп.: Клименко А.В., студент,  
Маслов О.П., доцент, СумДУ, м. Суми.

6. Методичні проблеми вивчення елементів векторної алгебри у вищих закладах освіти.

Доп.: Жижа М., студент, Прохоренко А., студент,  
Прошайло Т., студент,  
Одарченко Н.І., доцент, СумДУ, м. Суми.

7. Влияние электронно-лучевой обработки (ЭЛО) на процессы массопереноса.

Докл.: Войцеховский Я., студент,  
Кравченко Ю.А., ассистент, СумГУ, г. Сумы.

8. Поперечные колебания свободноопертого стержня.

Докл.: Москаленко Д.Р., студент,  
Клименко В.А., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы.



9. Особливості самоконтролю в умовах кредитно-модульного навчання.

Доп.: Крючкова А.М., студентка,  
Захарченко Н.М., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

10. Статистический анализ структур конденсатов, полученных в условиях фазового равновесия, основанный на теории графов.

Докл.: Жиленко А.И., студент,  
Жиленко Т.И., ассистент, СумГУ, г. Сумы.

11. Интерполяционная задача в классе целых функций нулевого порядка.

Докл.: Боженко О.А., аспирант, СумГУ, г. Сумы;  
Малютин Т.И., доцент, УАБД, г. Сумы.

12. Канонические функции допустимых мер.

Докл.: Козлова И.И., аспирант,  
Малютин К.Г., профессор, СумГУ, г. Сумы.

13. Вплив форми джерела тепла на розподіл температурного поля при поверхневому опроміюванні.

Доп.: Клименко В.А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

**ТЕХНОЛОГІЯ  
МАШИНОБУДУВАННЯ**

## РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПОР СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

*Лукьяненко В.В., магистрант, Кушницров П.В., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Заготовки, имеющие большие размеры и малую жесткость, обычно при механической обработке устанавливаются в специальных станочных приспособлениях. При этом станочные приспособления для установки крупногабаритных нежестких заготовок содержат как основные опоры, служащие для базирования заготовки, так и вспомогательные опоры – для увеличения жесткости технологической системы.

Существует два основных вида вспомогательных опор – самоустанавливающиеся и подводимые. Главными достоинствами подводимых опор, содержащих клиновой механизм, является их большая жесткость и технологичность в изготовлении. Однако существующие конструкции подводимых опор эффективны только в том случае, когда поверхность заготовки, предназначенная для взаимодействия с опорным штырем опоры, параллельна столу станка. Это является следствием строго вертикальной компоновки подводимой опоры, т.е. когда ось опорного штыря выполнена вертикальной.

Предлагаемая конструкция позволяет повысить эффективность подводимой опоры, поскольку предусматривает возможность изменять угол наклона опорного штыря по отношению к заготовке. Регулирование угла наклона становится возможным благодаря наличию в корпусе опоры двух частей – поворотной и неподвижной, причем процесс регулировки и последующая фиксация подвижной части относительно неподвижной осуществляется достаточно просто с помощью рукояток.

Для оценки жесткости разработанной поворотной вспомогательной подводимой опоры были проведены исследования с помощью пакета программ «CosmosWorks». Полученные зависимости напряжений, перемещений и деформаций подтвердили высокую расчетную жесткость (2300 Н/мкм), что позволяет эффективно применять разработанную конструкцию опоры в станочных приспособлениях в комплексе с основными опорами.

Также был проведен анализ размерных сборочных цепей вспомогательной подводимой опоры, содержащей две пружины сжатия. Результаты анализа легли в основу точностных требований к изготовлению отдельных деталей опоры и к ее общей сборке.

Таким образом, предложенная конструкция вспомогательной подводимой опоры, благодаря изменению угла наклона опорного штыря по отношению к заготовке, расширяет технологические возможности опоры, так при этом появляется возможность устанавливать более широкий класс заготовок, например, с наклонными опорными поверхностями.

## АГРЕГАТНЫЕ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШИРОКИХ ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Крайняк Д.Б., магистрант, Кушниров П.В., доцент; СумГУ, г. Сумы*

Существующие методы обработки крупногабаритных плоских поверхностей обладают рядом недостатков, в частности, повышенными затратами основного и вспомогательного времени. Так, наименее производительным методом обработки является строгание, однако, и торцовое фрезерование также не всегда позволяет оптимально производить обработку широких плоских поверхностей деталей.

Одним из путей решения данной проблемы является применение специальных агрегатных фрезерных головок (АФГ) с пересекающимися траекториями режущих ножей. Указанные АФГ позволяют получать непрерывную по ширине обработанную поверхность при относительном перемещении заготовки и стола станка в направлении продольной подачи. Однако и эти АФГ не всегда осуществляют фрезерование оптимальным по времени обработки методом. Например, если заготовки содержат взаимно перпендикулярные широкие плоские поверхности, то необходимо производить обработку за несколько проходов. При этом нерационально происходит установочное перемещение АФГ для последующих проходов – на это затрачивается дополнительное вспомогательное время, что в итоге снижает производительность обработки.

Для того, чтобы можно было не тратить время на указанные установочные перемещения, а осуществлять фрезерование широких плоскостей в двух перпендикулярных направлениях (и при продольном взаимном перемещении АФГ и заготовки, и при поперечном), предложена новая конструкция АФГ, содержащая три («АФГ-триплет») или четыре («АФГ-квадро») торцовые фрезы. Отличительной особенностью данных АФГ является взаимно перпендикулярное расположение торцовых фрез – вместо расположения фрез на одной прямой, как у существующих АФГ. При этом каждая пара соседних фрез установлена таким образом, чтобы обеспечивалось пересечение соответствующих траекторий режущих ножей.

Разработанные АФГ позволяют производить обработку плоских поверхностей заготовок с шириной фрезерования, равной удвоенному диаметру торцовой фрезы за вычетом небольшой величины перекрытия траекторий ножей. Причем «АФГ-квадро» может вести фрезерование при любом относительном перемещении АФГ и заготовки (вперед, назад, влево, вправо). Практически теми же качествами обладает и «АФГ-триплет», только в одном из перпендикулярных направлений она требует дополнительное перемещения на величину перебега, равную диаметру фрезы.

Разработанные АФГ позволяют экономить вспомогательное время на обработку, что повышает производительность труда на операции.

# ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ХОНИНГОВАНИИ ГОЛОВКАМИ ПОВЫШЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ

*Баранов С.П., магистрант*

Хонингование является одним из наиболее распространенных способов отделочной обработки гильз цилиндров, втулок шатунов и других деталей компрессорных машин, работающих в условиях трения-износа. Благодаря особенностям кинематики инструмента при хонинговании формируется микрорельеф поверхности детали, способствующий удержанию смазки, достигается высокая точность геометрической формы. Интенсивность исправления исходной погрешности формы зависит от жесткости технологической системы «инструмент – деталь» и величины самой погрешности.

Предложена конструкция хонинговальной головки, в которой комплект алмазных брусков закреплен неразъемно на двух полуцилиндрических колодках (створках) с возможностью их раскрытия для создания необходимого давления на обрабатываемую поверхность. Благодаря этому значительно возросла жесткость в радиальном и осевом направлениях. Неразъемное соединение брусков создает условие, исключающее копирование погрешностей формы при обработке детали и коэффициент исправления погрешности формы значительно возрастает. В этом случае алмазные бруски и створки рассматривались как единое тело и расчет жесткости головки производился с использованием основных положений теории упругости, дающей более строгое соотношение между нагрузками и деформациями.

Модель хонинговальной головки была представлена в виде упругого кругового цилиндра радиуса  $R$ , на поверхность которого через периодически расположенные по окружности абразивные бруски передаются усилия резания.

В результате расчетов аналитически было получено значение коэффициента радиальной жесткости:

$$K = \frac{2(1-2\mu)E\gamma R}{(1+\mu)} \left( 1 - (1-2\mu) \frac{\gamma}{\pi} \cdot \ln \left( \frac{\gamma}{4} \right) \right)^{-1}$$

где  $E, \mu$  – модуль Юнга и коэффициент Пуассона материала;

$\gamma$  – ширина алмазного бруска.

На основании полученного значения радиальной жесткости представлена формула расчета минимального припуска на операцию хонингования.

В конечном итоге припуск определяется количеством операций хонингования.

## РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ШВИДКОПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ БАЗУЮЧИХ МОДУЛІВ

*Дегтярьов І.М., інженер, Іванов В.О., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Відповідно до вимог сучасного машинобудівного виробництва, пов'язаних зі зменшенням витрат на переналадження верстатних пристроїв (ВП) для обробки широкої номенклатури деталей, підвищенням ступеня гнучкості ВП, дана тема є актуальною в умовах багатомономенклатурного виробництва. При обробці деталей на верстатах свердлильно-фрезерно-розточувальної групи залежно від конфігурації заготовок та оброблюваних поверхонь найчастіше застосовуються такі схеми базування: за трьома площинами (18% від загальної кількості деталей, оброблюваних на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах); за двома площинами та отвором (17%); за площиною та двома отворами (41%); інші схеми (24%).

Для реалізації теоретичної схеми базування за трьома площинами розроблений переналаджуваний базуючий модуль, який дозволяє базування заготовок корпусних деталей на площину у широкому діапазоні розмірів, реалізуючи встановлювальну базу. Технологічні можливості базуючого модуля дозволяють установлення заготовок із розмірами у плані 100–220 мм за рахунок застосування зубчастого механізму регулювання установлювальних елементів.

Заготовки типу дисків, фланців, втулок, що мають осьові отвори великого діаметру (Ø130–160 мм), встановлюються на переналаджуваний базуючий модуль, реалізуючи подвійну опорну базу. Переналадження установлювальних елементів здійснюється у автоматизованому режимі за допомогою ексцентрикового механізму регулювання.

При базуванні довгих ступінчастих валів за зовнішніми циліндричними поверхнями використовується переналаджуваний базуючий модуль, який дозволяє установлення заготовок у широкому діапазоні діаметрів (Ø30–90 мм). Переналадження установлювальних елементів забезпечується черв'ячно-зубчастим механізмом регулювання, який приводиться у дію за допомогою крокового двигуна.

Запропоновані базуючі модулі рекомендується використовувати в умовах багатомономенклатурного виробництва, де існує широка номенклатура і велика кількість типорозмірів деталей, а також необхідно забезпечити задані показники точності, гнучкості, продуктивності та надійності. Розроблені конструкції значно підвищують гнучкість ВП і дозволяють проводити обробку деталей широкої номенклатури різних типорозмірів, сприяють зменшенню кількості елементів ВП, а отже, знижують металомісткість і вартість ВП. Швидке переналадження ВП для обробки нової партії деталей забезпечується за рахунок застосування автоматизованих механізмів регулювання установлювальних елементів.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ КОМПАНІЇ «СПРУТ-ТЕХНОЛОГІЯ»

*Обравіт Ю.А., студент, Іванов В.О., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Одним із засобів вдосконалення технологічної підготовки виробництва є впровадження сучасних CAD/CAM/CAPP технологій. Системи CAD (Computer-aided Design) призначені для здійснення конструкторської підготовки, а саме, розроблення креслень та 3D-моделей, підготовка специфікацій, карт ескізів і налагоджень та ін. Системи CAM (Computer-aided Manufacturing) забезпечують підготовку керуючих програм для верстатів із ЧПК, за допомогою яких переналагодження верстатів полягає лише у заміні програмноносіїв. Системи CAPP (Computer-aided Process Planning) реалізують автоматизоване проектування технологічних процесів.

Огляд програмних продуктів показав, що найбільш ефективно для вдосконалення технологічної підготовки виробництва застосовується комплекс, розроблений компанією «СПРУТ-Технологія» (Росія), до складу якого входять SprutCAD, SprutCAM, SprutTP.

SprutTP дозволяє в автоматизованому режимі проектування технологічних процесів, призначення режимів обробки та нормування технологічних операцій механічної та термічної обробки, заготівельних, складальних, зварювальних робіт, а також на процеси нанесення покриттів, транспортування та пакування деталей. Особливістю програмного продукту є принцип «What You See Is What You Get» («що бачу – те й отримую»), при якому робота ведеться безпосередньо з технологічною документацією. Вбудований широкий набір сервісних функцій та електронних баз даних дозволяє працювати з комплектом активних документів, що полегшує процес формування технологічного процесу. SprutTP дозволяє інтеграцію як із системами конструкторсько-технологічного призначення (CAD/CAM), так із системами керування підприємством (PDM/PLM/ERP), що дозволяє створити оптимальний взаємопов'язаний інформаційний простір.

Система SprutCAM призначена для створення керуючих програм для обробки деталей на багатокоординатних фрезерних, токарних, токарно-фрезерних, електроерозійних верстатах та оброблювальних центрах із ЧПК. Ефективність SprutCAM доведена при виготовленні штампів, прес-форм, ливарних форм, прототипів виробів, майстер-моделей, деталей машин і конструкцій, оригінальних і серійних виробів, корпусних деталей та запасних частин, шаблонів, а також при гравіруванні написів і зображень.

Використання програмних продуктів компанії «СПРУТ-Технологія» дозволяє значно прискорити отримання результатів, полегшити роботу технологів та конструкторів, виключити помилки та скоротити трудомісткість технологічної підготовки виробництва.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВТУЛКА В УМОВАХ ГНУЧКОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Шепелєв В.О., магістрант, Іванов В.О., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Сучасні тенденції у машинобудуванні вимагають від виробників розроблення та впровадження нових інноваційних проектів щодо підвищення продуктивності, зменшення витрат на виробництво, покращення якості виробів та зменшення часу на підготовку виробництва. Одним із шляхів досягнення вказаних вимог є застосування гнучких виробничих систем (ГВС) або виробничих систем зі змінною конфігурацією. Таке обладнання має найбільшу ефективність у багатомоделному виробництві, дозволяє обробку складних деталей та забезпечує високі показники продуктивності, гнучкості та точності. Складність створення ГВС полягає у тому, що необхідно забезпечити певні показники гнучкості, продуктивності, точності та надійності для визначених умов виробництва. Дані показники знаходяться у суперечності один до одного, тому вибір відповідного технологічного (верстати із ЧПК, оброблювальні центри) та допоміжного (роботи, маніпулятори, конвеєри та ін.) обладнання потребують оптимальних рішень, спрямованих на структурно-параметричний синтез.

Всебічний аналіз технологічного процесу обробки деталі підтвердив необхідність впровадження гнучкого автоматизованого виробництва та створення ГВС. Запропонований технологічний процес обробки деталей в умовах гнучкого виробництва скоротився з 8 до 4 операцій механічної обробки (токарна, фрезерна, зубодовбальна, токарна). У результаті досліджень обрано структурну схему компонування ГВС і сучасне технологічне та допоміжне обладнання, яке відповідає умовам виробництва за показниками гнучкості, продуктивності, точності. Для реалізації запропонованого технологічного процесу структурні елементи ГВС розміщуються за фронтальним компонуванням. Підібрано 5 металорізальних верстатів з накопичувачами заготовок (2 токарних оброблюваних центрів, 2 свердлильно-фрезерних оброблюваних центрів, зубодовбальний верстат із ЧПК), 4 роботи для завантаження-розвантаження заготовок на верстати, 2 стрічкових конвеєрів для транспортування заготовок до ГВС та готових деталей до відділу технічного контролю. Для кожної операції підібрано технологічну оснастку, призначено режими обробки та норми часу.

Аналітичні розрахунки гнучкості та продуктивності дозволили визначити ефективну область застосування ГВС залежно від річної програми випуску деталей, трудомісткості обробки, заданих показників гнучкості та продуктивності. Розрахунки економічної ефективності підтвердили доцільність створення ГВС для обробки деталей типу втулка для заданих умов виробництва. Впровадження ГВС дозволило підвищити коефіцієнт використання верстатів та зменшити трудомісткість обробки.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ЗЕРНА

*Нижник С.Н., ст. преподаватель,  
Курин М.А., ст. преподаватель, НАКУ "ХАИ", г. Харьков*

Создание теоретических основ с целью решения задач управления процессами шлифования неразрывно связано с прогнозированием целого ряда комплекса параметров, сопровождающих процесс. Сложность физико-механических и физико-химических явлений, протекающих в зоне контакта абразивного круга и обрабатываемой детали, вызывает необходимость в разработке математической модели, начиная с исследований, посвященных формализации абразивного инструмента. Однако создание адекватной и универсальной математической модели абразивного инструмента является одним из наиболее сложных и трудоемких этапов разработки теории шлифования металлов. Действительно, строение и динамика изменения рельефа абразивного круга, определяются не только технологией изготовления инструмента, режимами правки, а также комплексом свойств абразивного и обрабатываемого материалов, но и влиянием режимных параметров шлифования, действие которых еще недостаточно изучены на условия и интенсивность протекания физико-химических явлений в зоне контакта.

Решение задачи формализации абразивного инструмента позволит обосновать универсальный подход к расчетам сил резания, температуры и устойчивости процесса при различных схемах шлифования.

В зоне контакта абразивного зерна с поверхностным слоем обрабатываемого материала возникает целый комплекс контактных процессов, который вызывает изменение химического состава и механических свойств поверхностей контакта и оказывает влияние на интенсивность изнашивания инструмента, а также качество и надежность шлифованных деталей [1]. Таким образом, возникает необходимость в нахождении площади активной поверхности режущего зерна, под которой мы будем понимать поверхность контакта единичного зерна с обрабатываемой поверхностью и стружкой.

Анализ существующих моделей геометрической формы абразивных зерен, позволил разработать концептуальную модель абразивного зерна [2], суть которой состоит в том, что единичное абразивное зерно представляет собой эквивалент, отображающий все режущие свойства абразивного круга. А само зерно в первом приближении можно описать эллипсоидом вращения.

Таким образом, задача нахождения площади активной поверхности зерна, сводится к нахождению площади участка поверхности эллипсоида вращения.

Но площадь поверхности эллипсоида невозможно выразить при помощи простейших функций. Следовательно, необходимо представить абразивное зерно таким образом, чтобы оно удовлетворяло требованиям концептуальной модели, и было удобно для математического описания.

Общеизвестен способ построения эллипса по большей его оси, путем деления окружности на шесть равных частей.

Отношения осей построенного, таким образом, эллипса находится в пределах отношения осей эллипса описывающего контуры среднестатистического абразивного зерна. Это позволяет использовать нашу модель для описания абразивных зерен и нахождения площади активного участка поверхности.

Примем допущение, что в процессе обработки абразивное зерно внедряется на глубину, не превышающую радиус при вершине. Это позволяет нам считать, что активный участок поверхности будет представлять собой сферический сегмент, площадь которого можно вычислить по формуле:

$$S_O = S_{az} + S_{\Delta\gamma}, \quad (1)$$

где  $S_{az}$  - площадь поверхности зерна, которая зависит от глубины его внедрения.

$S_{\Delta\gamma}$  - площадь поверхности зерна, которая зависит от изменения угла ориентации.

С учетом того, что абразивное зерно контактирует лишь передней поверхностью с обрабатываемым материалом, получим:

$$S_O = \pi R \cdot \left( a_{[z]} + 2R \left( 1 - \frac{\cos \Delta\gamma}{2} \right) \right) \quad (2)$$

Где  $R$  – радиус при вершине зерна

$a_{[z]}$  - максимальная величина припуска снимаемого режущим зерном.

$\Delta\gamma$  - изменение угла ориентации зерна.

#### Список литературы

1. Курін, М.О. Дослідження технології планетарного глибинного шліфування плоских поверхонь деталей авіаційних двигунів: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.02; захищена 13.05.11; затв. 11.11.11 / Курін Максим Олександрович. – НАКУ «ХАІ», 2011. – 179с.

2. Долматов, А.И. К вопросу формализации абразивного инструмента при получении аналитических зависимостей для расчета функциональных характеристик процесса шлифования [Текст] / А.И. Долматов, С.Н. Нижник, М.А. Курин// Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – №2(79) – С. 37–41.

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Прийменко О.А., магистрант, Евтухов А.В., ст. преподаватель, Криворучко Д.В., доцент, Евтухов В.Г., доцент, СумГУ, г. Сумы*

В настоящее время широкое применение получили изделия из армированных полимерных композиционных материалов (АПКМ) и смешанных пакетов на их основе. Среди преимуществ АПКМ следует выделить уникальное сочетание свойств, нехарактерное для других материалов (высокие удельные прочностные и упругие характеристики, малый вес, стойкость к агрессивным химическим средам, низкая тепло- и электропроводность и др.). Сочетание указанных свойств позволяет успешно применять АПКМ для экстремальных условий работы узлов машин, спроектированных для нужд различных отраслей машиностроения.

Значительный объем изделий из АПКМ подвергается механической обработке, реализация которой вызывает следующие проблемы:

- сложность получения высокого качества поверхностей из-за ярко выраженной анизотропии свойств и низкой адгезионной связи наполнителя со связующим АПКМ;

- низкая теплопроводность материала, обуславливающая плохой отвод тепла из зоны резания;

- низкая стойкость инструмента вследствие интенсивного абразивного воздействия твердого наполнителя АПКМ.

В результате, при обработке цилиндрических отверстий в изделиях из АПКМ сверлением, зенкерованием, растачиванием, типичными видами дефектов являются заусенцы на входной и выходной кромках отверстия, сколы, расслоения, неравномерная шероховатость и погрешности формы обработанных поверхностей отверстий. Чтобы обеспечить требуемое качество обрабатываемых поверхностей, необходимо добиться приемлемых условий резания между слоями АПКМ, что является достаточно сложной и трудоемкой задачей. Отличие процесса обработки композиционных материалов резанием состоит в том, что режущая кромка не образует стружку за счет сдвига, как это происходит с большинством металлов, она ломает композиционный материал, обычно срезая матрицу и при этом разрушая армирующие волокна. Основные принципы обработки композитов заключаются в использовании инструмента с очень острой режущей кромкой и достаточным задним углом для обеспечения чистого среза и снижения трения поверхности сверла по поверхности заготовки. Важно минимизировать износ, так как изменение геометрии режущей кромки приводит к быстрому и чрезмерному тепловыделению, разрушению кромки и снижению качества поверхности деталей.

Одними из основных направлений работ, связанных с повышением эффективности технологии механической обработки изделий из АПКМ являются: оптимизация геометрии режущей части инструмента и режимов резания, разработка новых режущих материалов. В тоже время, вопросы использования рациональных составов смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) остаются малоизученными.

В лаборатории кафедры технологии машиностроения, станков и инструментов СумГУ выполнено экспериментальное исследование, связанное с поиском рациональных составов СОТС при сверлении отверстий в АПКМ с целью повышения качества обработанных поверхностей.

На базе вертикального фрезерного станка с ЧПУ модели ГФ2171 была реализована наладка, позволяющая производить сверление отверстий диаметром 10 мм в изделиях из АПКМ толщиной до 20 мм. В состав наладки вошли: специальное приспособление для установки и закрепления изделия из АПКМ; динамометр УДМ-1200, тензометрический усилитель LTR-U-1 и ЭВМ типа IBM PC для регистрации составляющих силы резания, момента резания. В качестве режущего инструмента использовались быстрорежущие (Р6М5) сверла диаметром 10 мм.

В ходе экспериментального исследования проводилось сравнение влияния различных составов СОТС на эффективность процесса обработки отверстий, в частности, уровень составляющих силы резания, момент резания, качество обработанной поверхности отверстия. Была выполнена обработка отверстий без использования СОТС, а также с охлаждением воздухом, эмульсией, жидким азотом. Контроль качества обработанной поверхности отверстия предусматривал измерения шероховатости с использованием профилометра 283 и отклонения от круглости с использованием модернизированного кругломера ВЕ-20А, визуальный контроль состояния поверхности отверстия, в том числе, входной и выходной кромок.

Сравнительный анализ качества обработанных поверхностей отверстий, параметров процесса резания, не позволил выделить наиболее эффективную СОТС. Во всех случаях регистрировался примерно одинаковый уровень составляющих силы резания ( $P_o = 640 \dots 680$  Н), момента резания ( $M_p = 1,8 \dots 2,0$  Н·мм), шероховатости ( $Ra = 5 \dots 6$  мкм), отклонения от круглости ( $\Delta = 30 \dots 50$  мкм). Визуальный контроль показал отсутствие видимых дефектов на входной кромке отверстия и значительные расслоения на выходе из отверстия. Также во всех случаях в процессе сверления отверстий наблюдалось образование мелкодисперсной стружки, склонной к слипанию и пакетированию. Было высказано предположение, что именно слипание и пакетирование стружки препятствует доступу СОТС в зону резания (во всех случаях подача СОТС осуществлялась свободным поливом) и тем самым не позволяет эффективно использовать ее свойства. Таким образом, для эффективного использования СОТС при обработке отверстий в АПКМ прежде всего необходимо предусмотреть специальные методы подачи СОТС в зону резания.

## ПОШУКОВА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННИХ ВИДАНЬ ГАЛУЗЕВИХ КАТАЛОГІВ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

*Мужецький А.І., студент, Вакула Д.В., студент, Ніколаєнко Т.В., студент,  
Богуш Р.В., студент, Шибасєв П.С., студент,  
Руденко О.Б., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Минулого року на кафедрі технології машинобудування, верстатів та інструментів розпочата робота по створенню пошукової системи знаходження та відображення на екрані дисплею галузевих каталогів металорізальних верстатів, які містять повну їх технічну характеристику; опис приєднувальних розмірів верстатів; код ОКП; наявність фотографії та темплету верстата. Ця система сприяє полегшенню пошуку студентами (особливо студентами заочної форми навчання, в тому числі в позабазових структурних підрозділах) необхідної інформації при виконанні курсових (дипломних) проектів (робіт).

Вже була створена оболонка пошукової системи, що будується на основі класифікації по коду ОКП, накопичена інформаційна база (галузеві каталоги металорізальних верстатів у вигляді **DJVU**-файлів) верстатів токарної групи, побудований реєстр верстатів токарної групи. Виявлений недолік деяких галузевих каталогів – відсутність повного коду ОКП.

Метою даної роботи є наповнення інформаційної бази електронних видань галузевих каталогів металорізальними верстатами інших груп та пошук повного коду ОКП для верстатів, в галузевих каталогах яких ця інформація була частковою або зовсім відсутньою.

Початковими даними для створення інформаційної бази електронних видань галузевих каталогів металорізальних верстатів у вигляді документу **DJVU** є файли-зображення окремих сторінок цих каталогів.

Для їх обробки використовувалися наступні програмні продукти:

- **Adobe Fotoshop** або **Paint.NET** (корегування якості файлів-зображень; встановлення однакової розподільної здатності та розмірів зображення; збереження зображення у форматі **JPG**);
- **ScanKromsator** (пакетна обробка сторінок-зображень: автоматичний розрахунок полів сторінок, вирівнювання тексту на сторінці, автоматичне вирівнювання розмірів сторінок);
- **DjVu Solo** (створення електронного видання у вигляді документу **DJVU**).

Електронні видання створені для каталогів верстатів свердлильно-розточувальної, фрезерної, строгальної, довбальної та протяжної груп.

Одночасно зі створенням **djvu**-документів ведеться реєстр верстатів, який включає: номер листа галузевого каталогу, код ОКП верстата, модель і назву верстата та, за наявністю, номера листів каталогу, на який замінений поточний лист або взамін якого він вводиться. За потребою код ОКП уточнювався на підставі номенклатурних каталогів верстатів або за інформацією на сайті <http://omashinostroenie.com/metallorizhuschie-stanki/>.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСКРОЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА НА МАШИНАХ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

*Бугрык Д. Е., студент, Романов Г.О., студент,  
Миненко Д.А., ассистент, СумГУ, г. Сумы*

Одной из актуальных вопросов современного заготовительного производства является повышение эффективности разделительной резки листового металла. На данный момент разработано много способов разделительной резки, самыми производительными и качественными из которых являются плазменная и лазерная резка металла, потеснившая газовую резку и резку пилами.

Проведенный сравнительный анализ себестоимости лазерной, газовой и плазменной резок выявил целесообразную область применения данных методов. Лазерная резка, наряду с минимальной себестоимостью, обеспечивает наиболее высокое качество и производительность реза, однако получила актуальность только лишь в условиях массового производства в связи с большой стоимостью оборудования и ограничениями в толщине разрезаемого материала.

Несмотря на высокую себестоимость, низкое качество и скорость реза, газовая резка все же остается актуальной для единичного производства, а также для разделительной резки материалов толщиной свыше 50-60 мм.

Газовую резку все более вытесняет плазменная резка, которая наряду с высоким качеством и скоростью реза обладает гораздо более низкой себестоимостью. Современные аппараты воздушно-плазменной резки способны эффективно прожигать материал толщиной до 40 мм, а в случае применения специальных плазмообразующих газов до 80 мм. Стоимость же установки плазменной резки в десятки раз ниже установок лазерного раскроя, что делает ее доступной как для серийного, так и для единичного производства.

Себестоимость плазменной резки несколько выше лазерной, основной причиной чего является износ дорогостоящих сопел и электродов, которые являются расходным материалом.

Износ сопел при плазменной резке более всего происходит во время прожигания отверстий в сплошном металле, так при прожигании одного отверстия в стали СтЗсп толщиной 10 мм износ сопла равен приблизительно 15-20 метрам реза данного листа.

В современных машинах плазменной резки ось сопла устанавливается перпендикулярно поверхности разрезаемого листа, в результате чего отверстие плазмотрона находится на пути струи расплавленного металла. Причиной повышенного износа сопел и катодов является налипание на их поверхность расплавленного металла, который выдувается струей плазмы из

прожигаемого отверстия, забивает отверстие сопла, оплавляет медный корпус, а в некоторых случаях замыкает вольфрамовый электрод на корпус.

При ручной резке металла для предотвращения залипания сопла работник устанавливает плазмотрон под углом  $40^\circ$  к поверхности листа, что позволяет минимизировать попадание расплавленного металла на сопло. Однако у этого способа есть ряд недостатков. Отверстие, полученное таким образом, имеет неправильную форму, значительно снижается максимальная толщина прожигания, часты случаи замыкания сопла на вольфрамовый электрод, что приводит к его выгоранию. Некоторые пользователи аппаратов ручной плазменной резки для снижения износа сопел выполняют засверливание отверстий в разрезаемом листе. Для этого используются ручные дрели или переносные сверлильные станки с магнитной станиной. Засверливание позволяет значительно снизить износ сопел за счет отсутствия прожигания отверстия, рез начинается аналогично резу с края листа. Однако целесообразность применения данного способа с экономической точки зрения весьма сомнительна, что связано с необходимостью введения дополнительных операций, а также с расходами на сверла.

Для снижения себестоимости прожигания отверстий, увеличения максимальной толщины разрезаемого листа и повышения качества реза нами проводятся исследования возможности использования описанных способов получения отверстий, применительно к установкам машинной плазменной резки.

Хронометражем было получено время прожигания отверстий в листах различной толщины. Так при толщине листа 10 мм и мощности плазмообразующего трансформатора 7 кВт время прожигания отверстия в листе из стали СтЗсп составило 13 сек. При толщине листа 20 мм – 24 сек., а при толщине листа 25 мм сквозное отверстие в сплошном металле удалось получить через 40 секунд. Отверстия в металле толщиной до 15 мм получаются достаточно качественными, тогда как качество отверстий в металле толщиной 20 и 25 мм очень низкое.

Для сравнения было проведено сверление отверстий спиральным сверлом диаметром 6 мм в аналогичном материале. При толщине металла 10 мм время на сверление отверстия составляет 16 сек, 20 мм – 24 сек, 25 мм – 28 сек. Причем стойкость сверла составляет 30-40 мин, тогда как стойкость сопла при прожигании отверстий в металле толщиной 25 мм составляет не более 25-30 отверстий.

Таким образом, применение засверливания отверстий перед машинной плазменной резкой становится целесообразным с повышением толщины разрезаемого металла, особенно это актуально для плазмообразующих трансформаторов малой мощности. Засверливание позволяет снизить расход дорогостоящих сопел и электродов, повысить максимальную толщину разрезаемого металла и качество обработки без повышения мощности плазмообразующего оборудования.

## ОБРАБОТКА КАНАВОК В ДЕТАЛЯХ ИЗ СИЛИЦИРОВАННОГО ГРАФИТА

*Троцкий А.Н., студент, Мальцев О.С., студент,  
Миненко Д.А., ассистент, СумГУ, г. Сумы*

Проблема обеспечения высокой износостойкости в парах трения остается важнейшей в современном машиностроении. Статистика свидетельствует, что до 80% отказов в торцевых уплотнениях связано с износowymi отказами. В этой связи представляют интерес силицированные графиты, обладающие исключительно высокими эксплуатационными свойствами.

Силицированные графиты представляют собой графитокристокремнистые материалы, полученные пропиткой пористого графита расплавленным кремнием. В процессе пропитки в результате взаимодействия с углеродом образуется карбид кремния, при этом часть кремния и графита остаются не связанными углеродом. Таким образом, силицированный графит состоит из карбида кремния, графита и кремния.

Для изготовления торцевых уплотнений насосов могут быть использованы следующие марки силицированных графитов, выпускаемые отечественными заводами: СГ-Т; СГ-П; СГ-М; ГАКК 55/40. Основные физико-механические свойства этих материалов представлены в таблице.

Таблица - Основные свойства силицированных графитов

Показатель	Материал			
	СГ-Т	СГ-П	СГ-М	ГАКК 55/40
Плотность, г/см	2,5-2,8	2,4-2,6	2,1-2,4	2,2-2,4
Предел прочности, МПа				
- при сжатии	300-320	420-450	130-160	120-180
- при растяжении	401-501	60	30-40	-
- при изгибе	90-110	100-120	70-90	-
Ударная вязкость, $10^3 \cdot \text{Нм/м}^2$	2,8	4	2,8	3,5
Модуль упругости, ГПа	95	127	97	-
Твердость, НРС	65-78	50-70	40-50	50

Существующая на производстве технология изготовления деталей из силицированного графита заключается в следующем. Заготовки для деталей заданной формы и размеров прессуют или получают обработкой резанием с учетом необходимых припусков, а затем заготовку пропитывают по всему объему жидким кремнием при высоких температурах – выше 2000°C. При этом происходит реакция с образованием карбида кремния.



И если серийное производство уплотнений не вызывает особых трудностей, поскольку детали получают спеканием, то изготовление ремонтных деталей необходимо вести из уже спеченных заготовок механической обработкой. Это связано с рядом трудностей. В первую очередь это обусловлено высокой твердостью обрабатываемой заготовки и ее хрупкостью. Особую актуальность данный вопрос принимает при обработке торцевых канавок гидрозамков.

Кольца пар трения из силицированных графитов СГ-П, СГ-Т, а также карбидов вольфрама, кремния и алюминия обрабатывают шлифованием на универсально-шлифовальных станках. Шлифование производят алмазными кругами марки АСР зернистостью 100/63 при режимах:  $v = 30$  м/с;  $S=0,05\dots 0,1$  мм/об;  $t = 0,015\dots 0,03$  мм. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют эмульсию с содержанием соды 2...3 %. Обработка таким образом цилиндрических и торцевых поверхностей не вызывает особых затруднений, хотя и достаточно трудоемка и малопроизводительна. Обработка же торцевых канавок, служащих для создания эффекта гидрозамка, данным методом невозможна. Обработка торцевых канавок на токарных станках с применением алмазных резцов также не дает желаемого результата в связи с высокой хрупкостью обрабатываемого материала и склонностью к скалыванию.

Для обеспечения качественной обработки торцевых канавок нами предлагается использовать способ электроалмазного гравирования. Обработка производится на фрезерно-гравировальном станке специальными граверами с алмазным напылением.

Проведенные эксперименты показали, что при обработке традиционным гравированием, без применения СОЖ алмазоносный слой гравера достаточно быстро изнашивается, обнажая металлический стержень, служащий основой для инструмента. Стержень, упираясь в поверхность заготовки, не дает подойти новому алмазному слою к обрабатываемой поверхности, что делает процесс гравирования невозможным. Обеспечить подход к обрабатываемой поверхности новых алмазных слоев возможно только удалением металлического стержня в изношенной зоне.

Для этой цели используется известный метод электролиза, который заключается в пропускании электрического тока между инструментом и заготовкой. Электрический ток проходя от инструмента к заготовке осуществляет ионный перенос материала инструмента, который в свою очередь, вместе с стружкой, удаляется из зоны резания струей электролита.

Проведенные эксперименты показали, что обработка торцевых канавок шириной 1 мм и глубиной 1,5 мм рационально производить граверами с алмазным напылением диаметром 0,9 мм на режимах обработки  $n=30000$  об/мин;  $S_{мин}=2\dots 3$  мм/сек;  $t=0,2\dots 0,3$  мм; напряжение  $U=6$  V, сила тока  $I=2$  A. При данных режимах обработки происходит растворение стержня инструмента со скоростью позволяющей обеспечить обновление новых алмазных слоев по мере износа отработавших.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Третьяк В.В., доцент, Невешкин Ю.А., мл. науч. сотрудник,  
Онопченко А.В., аспирант, Скорченко И.В., мл. науч. сотрудник,  
НАКУ «ХАИ», г. Харьков*

В современном машиностроительном, в том числе авиадвигателестроительном производстве постоянно возникает необходимость в изготовлении новых видов продукции, где используются всё более совершенные и сложные детали. Появление новой нетиповой номенклатуры всегда вызывало трудности у инженеров и технологов заводов не только при запуске производства, но и на этапах разработки. Ввиду сложных параметров изготавливаемой продукции даже самые опытные технологи не могут абсолютно точно проанализировать заранее правильность всего разработанного технологического процесса. Особенно остро данная проблема стоит в области обработки металлов давлением, а именно для импульсной листовой и объемной штамповки [1;2].

В процессе работы штампы испытывают большие напряжения, вызываемые деформирующими усилиями, развиваемыми импульсными источниками энергии. Соответственно возникают проблемы с сохранением стойкости штампов. Этот фактор предъявляет особо жесткие требования к качеству разработки технологических процессов.

Для определения стойкости штампов и оптимизации процессов штамповки требуется исследование его напряженно-деформированного состояния. В последнее время широкое распространение получили пакеты программ, основанные на объектном подходе [3] к проектированию технологических процессов, а их эффективность можно проверить, используя идеологию метода конечных элементов или разностей.

Применение современных пакетов программ для проектирования технологий различных видов производств в основном ориентировано на уменьшение сроков подготовки производства, отладки технологии, а также минимизации финансовых затрат.

Проектирование технологических процессов в современных CAD/CAM/CAE системах позволяет так же сократить затраты, которые могут появиться в процессе производства, так как сейчас возможно более точно прогнозировать дефекты различного рода связанные с недоработкой технологии.

Анализируя периодическую литературу, можно с уверенностью сказать, что возрос интерес к CAE-системам в области обработки металлов давлением, как к надежному средству, с помощью которого можно за оптимально короткое время проектировать технологические процессы любой сложности. Однако еще на многих предприятиях не спешат внедрять в

процесс проектирования современные САЕ-системы, либо из-за высокой стоимости программных продуктов, либо просто пренебрегая современными достижениями в области технологии, откладывая этот переход на "завтра". Но тем не менее этот процесс неизбежен и в скором будущем интегрированные CAD/CAM/CAE-системы займут свое место в процессе проектирования и подготовки производства.

В докладе представлены материалы, предлагающие использовать современные компьютерные системы для проектирования импульсных процессов, разработанных в Харьковском авиационном институте [4-7].

#### Список литературы

1. **Пихтовников, Р.В.** Перспектива развития листовой штамповки взрывом Текст / Р.В. Пихтовников, В.К. Борисевич В.К. // Сб. Импульсная обработка металлов давлением. - М.: Машиностроение, 1977. – 144 с.
2. **Борисевич, В.К.** Тенденции и проблемы развития импульсных технологий Текст / В.К. Борисевич // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і літакобудуванні. Темат. сб. науч. работ. - Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія, 2002. - С.16–20.
3. **Евгеньев, Г.Б.** Систематология инженерных знаний: учебн. пособие для вузов Текст / Г.Б.Евгеев. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 346 с. (Сер. Информатика в техн университете).
4. **Зорик, В.Я.** Информационная технология классификационной обработки данных в проектировании техпроцессов листовой штамповки взрывом Текст / В.Я. Зорик, Л.А.Филиповская, В.В.Третьяк // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії. – Краматорськ. Донбасько державна машинобудівна академія. 2007. – С. 286-289.
5. **Третьяк, В.В.** Расчет параметров импульсных процессов в объектном представлении Текст / В.В. Третьяк, А.В.Онопченко, Т.В. Лоза // Авиационно-космическая техника и технология: №7 (84). Научно-технический журнал, Харьков, «ХАИ». - 2011. – С. 92-95.
6. **Невешкин, Ю.А.** Процесс взрывной объемной штамповки на современном этапе развития Текст / Ю.А. Невешкин // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – №11 (47). – С. 150-157
7. **Невешкин, Ю.А.** Исследование процесса штамповки крыльчатки энергией взрыва бризантных взрывчатых веществ в спецустановках Текст / Ю.А.Невешкин // Праці Всеукраїнської науково-технічної конференції "Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2010": Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", 2010. – Том 1. – С. 157.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОТВЕРСТИЙ В СМЕШАНЫХ ПАКЕТАХ ВПКМ/ МЕТАЛЛ

*Колесник В.А., аспирант, Криворучко Д.В., доцент, СумГУ, г. Сумы*

В последнее время во многих сферах промышленного производства, в том числе и авиастроении, широкое использование находят волокнистые полимерные композиционные материалы (ВПКМ) в пакетах с алюминиевыми или титановыми сплавами. Наиболее распространенной операцией механической обработки пакетов ВПКМ/металл, является изготовление отверстий.

Содержание технологического процесса выполнения соединения и последовательность операций в этом процессе зависят от типа соединительных элементов, метода сборки, способа герметизации шва и т. д. Ограниченный доступ к местам постановки заклепок не является большой проблемой, но большие габариты деталей усложняют их установку в приспособлениях.

Для обычных стержневых заклепок отверстия образуют пробивкой или сверлением с шероховатостью поверхности Ra12.5 - Ra6.3 мкм и диаметром отверстия на 0,1 ... 0,2 мм больше диаметра заклепки. Для заклепок с высоким сопротивлением срезу применяются плотная или скользящая посадки стержня в отверстие, поэтому обработка таких отверстия осуществляется в два этапа – сверление направляющего отверстия с последующим зенкерованием, развертыванием или протягиванием. Таким же образом обрабатывают отверстия под болт - заклепки и болты.

В зависимости от сочетания материалов, толщины пакета, типа оборудования и инструмента отверстия под заклепки выполняют либо за один переход (окончательный размер), либо за два перехода. Изготовление отверстий под болт или болт-заклепку осуществляют сверлением с последующим развертыванием для обеспечения требуемого качества обработанной поверхности; потайных гнезд для заклепок или болтов — зенкерованием. В некоторых конструкциях пакетов ВПКМ/металл заклепки (болты) устанавливаются с зазором в композиционном материале и с натягом в металле для повышения усталостной долговечности металла. В этом случае отверстие выполняется в пакете с определенным припуском. После чего пакет разбирается и отверстия в ВПКМ и металле разворачиваются раздельно разными инструментами. После чего детали собираются снова.

По итогам изложенного можно выделить шесть основных групп отверстий: выполняемые напроход, выполняемые в два прохода, с гнездами под головку крепления, без потайного гнезда, разборные и не разборные. Выделение данной классификации, является первым шагом на пути дальнейшей классификации инструментального обеспечения, оборудования с целью рационализации технологического процесса изготовления отверстий в пакетах ВПКМ/ металл.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

*Моренец О.И., магистрант, Евтухов В.Г., доцент, СумГУ, г. Сумы*

В двигателях внутреннего сгорания широко используются поршневые кольца, которые работают в сложных условиях трения-скольжения при температурах до 1700° С и давлению до 9 МПа. От их эксплуатационной надежности и износостойкости напрямую зависит работа всего двигателя.

Анализ технологического процесса изготовления «поршневых колец 11.3509166», включающего в себя операции литья, черногого и чистового шлифования торцов, четыре токарных и три фрезерных операции, протягивание по наружному диаметру, показал, что одним из его недостатков является отсутствие технологических операций, которые обеспечили бы повышение износостойкости рабочих поверхностей рассматриваемых колец.

К основным способам, повышающих износостойкость поверхностей деталей машин, относятся: оксидирование, фосфатирование, диффузионное силицирование, алитирование, сульфидирование, разнообразные методы хромирования, такие как диффузионное, электролитическое и др. В то же время, данные способы получения износостойких покрытий для деталей, работающих при трении-скольжения с высокими температурами и давлением, недостаточно удовлетворяют требованиям по долговечности их работы. В этих условиях наиболее перспективным является наноалмазное хромирование, для которого используются наноалмазы, получаемые детонационным методом и имеющих округлую форму с величиной зерен 2 – 8 нм. Частицы наноалмаза имеют сложную структуру: ядро (~ 4 нм) из классического кубического алмаза и углеродную оболочку вокруг ядра из переходных рентгеноаморфных структур углерода толщиной 0,4 – 1 нм. В итоге, при протекании гальванического процесса наноалмазы, которые находятся в электролите хромирования, осаждаются с хромом и образуют композит – хромалмаз, обладающий высокими противозносными и триботехническими характеристиками.

Малый размер частиц наноалмаза способствует образованию мелкозернистой структуры покрытия, что обеспечивает более высокую твердость, пластичность, имеет меньшие внутренние напряжения, менее пористы, благодаря чему имеет достаточно высокую коррозионную стойкость. Износостойкость наноалмазного хромирования, по сравнению с другими способами, увеличивается в 2 – 5 раз, а коэффициент трения уменьшается на 15 – 25 %.

Внедрение в технологический процесс механической обработки «поршневых колец 11.3509166» наноалмазного хромирования почти в 2 раза повысит продолжительность их работы, сократит количество ремонтов двигателя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ

*Фененко Н.С., магистрант, Осипов В.А., доцент, СумГУ, г. Сумы*

В итоге совершенствования процессов обработки, современные технологии требуют применение новых станочных приспособлений. Это связано в первую очередь с недостаточной эффективностью существующих методов, которые не могут в полной мере удовлетворить требования производства. Одним из способов решения данной проблемы есть проектирование универсальных устройств на основе электромагнитов.

Одним из основных недостатков существующих систем являются их габариты, что требует выделение под установку дополнительных производственных площадей. Устройства на основе электромагнитов, за счет своей конструкции, позволяют получать достаточно большие усилия, при относительно небольших размерах, что позволит сэкономить производственное пространство.

Некоторые из существующих механизмов являются достаточно сложными конструкциями, что в свою очередь, иногда, требует дополнительного обучения работников за счет предприятия. Конструкция универсальных станочных приспособлений на основе электромагнитов имеет минимум сложных элементов и потребуют от работников минимальных навыков.

Получившие на данный момент большого распространения вакуумные зажимные устройства имеют достаточно сложную конструкцию, что в свою очередь сказывается на ее стоимости. Магнитные зажимные устройства не имеют в своей конструкции вакуумных камер, а их изготовление не несет в себе сложных процессов.

Далеко не все зажимные устройства, к примеру, диафрагменные приводы, могут обеспечить постоянное усилие на штоке при зажиме. За счет постоянства электромагнита, магнитные зажимные устройства позволяют нам добиться постоянного усилия на штоке.

Небольшая долговечность работы и недостаточная надежность конструкции устройств, применяемых сейчас на производстве, являются одним из главных недостатков, имеющихся на данный момент приспособлений. Станочные приспособления на основе магнитов, за счет своей простоты обладают высокой долговечностью работы.

Зачастую, существующие установки, не обладают высокой универсальностью, что требует применение различных методов для различных операций. Магнитные устройства, за счет своей простоты и малых габаритов, можно адаптировать практически под любую операция.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ВНЕШНИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗЛОТНИКОВ ДОВОДКОЙ

*Цырик Д.Г., магистрант, Савчук В.И., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Предприятия авиационной промышленности выпускают в большом количестве золотники, плунжера, которые находят широкое применение в изделиях вертолётостроения. Анализ технологического процесса отделочной обработки золотников показал, что применяемые методы обработки, такие как шлифование в центрах, ленточное шлифование, полирование, наружное хонингование, суперфиниширование, не обеспечивают полный комплекс показателей качества этих деталей. Это связано как с несовершенством кинематики применяемых методов, так и с конструктивными особенностями детали, качество которой сложно обеспечить на отделочном этапе обработки.

Нами был предложен метод доводки, который с успехом можно применить в крупносерийном типе производства. Кинематика процесса круглой доводки предусматривает наличие двух притиров, принудительное вращение которых может выполняться с одинаковой частотой вращения. Кинематика так же предусматривает принудительное вращение только одного из притиров при неподвижном или свободно вращающемся втором притире. Заготовка располагается свободно в пазах сепаратора между рабочими поверхностями притира. Вследствие движения притиров и сепаратора наружная поверхность формируется с тем или иным приближением к геометрической поверхности цилиндра. Благодаря обкатыванию деталей по обоим притирам сепаратор получает вращение относительно оси цапфы с числом оборотов, зависящим от соотношения частоты вращения обоих притиров. Для усиления эффекта доводки сепаратору с деталями сообщают дополнительное движение за счёт вращения эксцентрика с частотой вращения  $n$ , а деталь располагают под углом  $\alpha$  к радиусу сепаратора. Движение точек цилиндрической поверхности детали можно представить состоящим из плоскопараллельного движения точек контактной прямой и вращения этих точек вокруг оси детали с угловой скоростью  $w$ . При этом каждая точка контактной прямой описывает на притире свою траекторию в зависимости от ее координаты и кинематических режимов. Движение этой прямой по притиру может быть изучено с помощью расчётной векторной схемы, построенной на основе расчётной методики. Как показали исследования такая кинематика обеспечивает шероховатость поверхности в пределах 0,2-0,1 мкм, точность геометрической формы в пределах 0,1-0,3 мкм, при минимальном времени их обработки.

Применение предложенной кинематики процесса позволило обеспечить технические требования чертежа заготовки, а относительно простая кинематическая схема оборудования обеспечить оптимальные режимы обработки.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ АВТОМОБИЛЯ ЯМЗ - 7511

*Бакус Е.Н., студентка, Савчук В.И., доцент, СумГУ, г.Сумы*

На заводе “Мотордеталь-Конотоп”, изготовляющего гильзы цилиндров для автомобилей ЯМЗ - 7511, в качестве отделочной операции для обработки внутренней поверхности гильзы применяется хонингование. Анализ хонингованной поверхности гильзы цилиндров показывает, что поверхность имеет много зазубренных, пересекающихся рисок, оставленных режущими зёрнами абразивного бруска. Частота рисок в обоих направлениях резания неравномерная, присутствуют волнистые и прерывистые линии, что характеризует шероховатость поверхности как неоднородную с расположением высот пиков на разных высотах. Такой рельеф поверхности, находясь в контакте с поршнем, отрицательно влияет на работу сборочной единицы, снижая её долговечность и износостойкость. Кроме того, в технологическом процессе не предусмотрена операция, которая способствовала бы повышению износостойкости поверхности.

Анализ методов отделочной обработки внутренних цилиндрических поверхностей позволил выделить методы дорнования и платовершинного хонингования, которые смогут устранить недостатки существующего качества поверхности гильзы. Нами в технологический процесс отделочной стадии обработки поверхности были введены вначале метод дорнования, позволяющий упрочнить поверхностный слой заготовки, а затем метод платовершинного хонингования, обеспечивающий стабильную сетку и высоту рельефа шероховатости. Для применения метода дорнования анализировалась жёсткость конструкции гильзы. Применение метода платовершинного хонингования, который влияет на качество рельефа шероховатости поверхности, оценивалось по специальной методике - фотоснимкам “факс-фильма”. Проверочный расчет маслоёмкости шероховатости хонингованной поверхности выполнялся по методу, основанному на исследованиях кривых Аббота. Это позволило определить глубину деформированного слоя хонингованной поверхности и рассчитать процент раскрытия зёрен графита поверхностного слоя обрабатываемого материала заготовки.

По результатам проведенных исследований были предложены оборудование и технологическая оснастка, выбраны оптимальные характеристики абразивных и твёрдосплавных инструментов для обработки.

Установлено, что предложенный технологический процесс, позволил повысить в среднем износостойкость поверхности заготовки на 80%, а промышленные испытания хонинговальных головок позволили разработать практические рекомендации по выбору режимов обработки и обеспечить требуемые чертежом качественные показатели поверхности.



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ХОНИНГОВАНИЕМ ВНЕШНИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШТОКОВ ШАРОВЫХ КРАНОВ

*Цевиль Р.С., студент, Савчук В.И., доцент, СумГУ, г. Сумы*

На предприятиях, изготавливающих шаровые краны, запорную аппаратуру, в качестве операции для обработки поверхностей штоков под последующее хромирование применяется круглое наружное шлифование на проход. Анализ показывает, что более 60% поверхностей штоков, обработанных на этой операции, имеют невыведенную погрешность формы в поперечном и продольном сечении, дефекты поверхности в виде отдельных царапин, окалины, задиров. Это отрицательно сказывается на работе изделия, снижая его надёжность и долговечность. Недостатком операции шлифования является высокая температура в зоне резания, которая приводит к локальному пригоранию поверхности и изменению структуры поверхностного слоя. Шлифованная поверхность не является износостойкой и не обеспечивает требуемого качества слоя, покрытого хромом.

Устранить существующие недостатки требуемого качества поверхности можно методом наружного хонингования. Для этого была разработана кинематическая схема процесса хонингования алмазными (абразивными) брусками, которая позволила повысить точность формы поверхности штока в поперечном сечении. Разработанная кинематическая схема представляет собой многобрусковую схему наружного хонингования с жёсткой кинематической связью между брусками и с поджимом брусков к изделию с заданной силой через самотормозящиеся звенья. Выполненные теоретические исследования предложенной схемы, позволили определить условия, при которых обеспечивается устранение погрешности цилиндрической формы штока.

Для разработанной схемы наружного хонингования была спроектирована специальная инструментальная головка. В конструкции головки имеется гидравлический цилиндр, поршень со штоком на конце которого закреплён конус, взаимодействующий с двумя рычагами. На концах рычагов расположены абразивные (алмазные) бруски. Головка шарнирно соединена с кареткой механизма продольной подачи брусков суперфинишного станка модели 3Д871.

Установлено, что основным параметром, определяющим точность формы цилиндрической поверхности штока в поперечном сечении, является постоянство давления брусков на протяжении всего периода обработки. Кроме постоянного давления необходимо обеспечить суммарную ширину брусков, которая принималась от 0,15 до 0,35 длины окружности обрабатываемой поверхности диаметром  $\varnothing 50\text{f9}$ . Проведенные промышленные испытания хонинговальных головок позволили разработать практические рекомендации по выбору режимов обработки и обеспечить требуемые чертежом точность формы поверхности.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ МЕТОДАМИ ППД

*Вакула Д.В., магистрант, Захаркин А.У., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Проблема повышения долговечности и износостойкости машин и оборудования является одной из актуальнейших задач в машиностроении.

Отверстия являются элементами, которые составляют 30-40% всех обрабатываемых поверхностей и которые требуют повышенной износостойкости.

Износостойкость – это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определённых условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания. Она измеряется в условных единицах от I до V по шкале Р.Е.І.

Износостойкость зависит от состава и структуры обрабатываемого материала, исходной твёрдости, шероховатости и технологии обработки детали, состояния ответной детали. Также существуют методы повышения износостойкости деталей путем нанесения специального износостойкого покрытия на её поверхность. При этом износостойкость детали без покрытия может быть намного ниже, чем у детали с износостойким покрытием.

Упрочнение поверхностным пластическим деформированием (ППД) является одним из наиболее простых и надежных способов, позволяющих добиться повышения ресурса деталей машин, работающих в различных условиях эксплуатации. Над исследованиями в области упрочнения ППД в свое время работали: Папшев Н.Д., Иванов В.С., Гордиенко Л.К., Чепя П.А., Шнейдер Ю.Г., Смолянский В.М., Юдин Д.Л. и др.

Их исследования позволяли повысить износостойкость поверхности деталей в отдельных случаях от двух до пяти раз. В то же время производительность некоторых методов ППД недостаточно высока, а сами технологии могут быть использованы лишь после предварительного исследования процесса для определенной пары трения. Поэтому поиски наиболее рациональных и высокопроизводительных способов формирования физико-механических свойств поверхностного слоя деталей машин является актуальными.

Качество поверхности должно обеспечивать высокую износостойкость и низкий коэффициент трения. Одним из перспективных методов создания на деталях машин поверхностных слоев с требуемыми свойствами является поверхностно-пластическое деформирование с формированием регулярного микрорельефа. В свою очередь это требует проведения дополнительных исследований существующих и создания новых инструментов для нанесения микрорельефа и режимов их использования.

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

*Николаенко Т.В., магистрант, Захаркин А.У., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Объектом машиностроения является деталь или изделие в целом, которые должны иметь соответствующие служебному назначению изделия показатели качества. Процесс изготовления изделий всегда сопровождается погрешностями, имеющими систематический или случайный характер. Избежать этих погрешностей нельзя, однако можно создать такие условия изготовления, чтобы эти погрешности были минимальными.

В настоящее время влияние всех погрешностей обработки на точность изготовления изделий до конца не исследовано.

Как известно, суммарная погрешность обработки является функцией ряда не зависящих друг от друга факторов, в числе которых: суммарная погрешность формы изделия (детали), вызванная несовершенством технологического оборудования ( $\sum\Delta_{\phi}$ ), погрешность, представляющая собой технологическую наследственность и обусловленная нестабильностью возникающих в технологической системе сил, вследствие имеющихся на заготовке отклонений ( $\Delta_{упр}$ ), погрешность установки заготовки ( $\epsilon$ ), состоящая из погрешностей базирования  $\epsilon_{б}$  закрепления  $\epsilon_{з}$  и приспособления  $\epsilon_{пр}$ , погрешность, обусловленная размерным износом инструмента ( $\Delta_{и}$ ) погрешность размерной настройки оборудования ( $\Delta_{н}$ ), погрешность, обусловленная тепловыми деформациями технологической системы ( $\Delta_{т}$ ).

$$\Delta_{\Sigma} = f(\sum\Delta_{\phi}, \Delta_{упр}, \epsilon, \Delta_{и}, \Delta_{н}, \Delta_{т})$$

Так же общую суммарную погрешность обработки можно определить экспериментально, при обработке заготовки-образца. Этот путь не совершенен, поскольку реальные заготовки в партии будут отличаться твердостью, действительными размерами соответственно точность не получим.

Теоретический расчет выше указанных погрешностей имеет тоже свои неточности, так как основан на эмпирических формулах, которые не учитывают ряд факторов, вызывающих погрешности, что и отражается на общей величине суммарной погрешности.

Например, при расчете погрешности связанных с упругими деформациями элементов Т-системы  $\Delta_{упр}$  предполагается, что момент инерции заготовки принимается постоянным не зависимо от размера и длины ступеней.

В реальных условиях валы, как правило, имеют ступенчатую форму с довольно значительным перепадом диаметров, что не учитывается существующими моделями и требует их уточнения.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ГЛОБОИДНЫХ ЧЕРВЯКОВ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

*Ковалёва Т.А., ассистент, ДГМА, г. Краматорск*

Основная задача, выдвигаемая рынком к машиностроительным предприятиям – повышение эффективности производства и улучшение качества продукции. Применение усовершенствованных технологических процессов и высокоэффективного оборудования успешно решает поставленные задачи.

Глобoidные червячные передачи обладают рядом преимуществ по сравнению с червячными передачами с архимедовыми червяками и другими видами передач. Их преимущества заключаются в компактности, плавности и бесшумности в работе. [1, с. 5]. Однако этот вид червяков чрезвычайно сложен для изготовления с технологической точки зрения и из-за этой причины заказчики продукции часто отказываются от их приобретения. Следует отметить, что технология их изготовления не изменилась за последние 60-70 лет. В то же время произошло бурное развитие и прогресс в области производства высокопроизводительного металлорежущего инструмента, современных multifunctionальных металлорежущих станков и вычислительной техники.

Целью работы является усовершенствование технологического процесса изготовления глобoidных червяков с использованием токарных станков с ЧПУ.

Нарезание глобoidных червяков в условиях крупносерийного и массового производства осуществляется на специальных станках с применением сложных и дорогостоящих режущих инструментов - обкаточных резцов, многорезцовых головок и круговых протяжек. В условиях единичного производства нарезка осуществляется на универсальных зубофрезерных станках с помощью специальных резцов. Сложная конструкция этих инструментов, несовершенные методы их проектирования, высокая трудоемкость изготовления с применением уникального высокоточного оборудования резко снижают технологическую гибкость изготовления глобoidных червяков.

В настоящее время существует большое количество металлорежущих многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ производства различных фирм, программные и аппаратные возможности которых весьма широки. Металлорежущие станки с ЧПУ обеспечивают автоматизацию процесса обработки детали, быструю переналаживаемость оборудования, возможность реализации сложных пространственных перемещений инструмента, концентрацию технологических переходов обработки. Благодаря повышенной жесткости технологической системы возможно также существенное повышение режимов резания [2, с.354].

В одном обрабатывающем центре присутствует точение, фрезерная обработка, сверление, нарезка резьбы и другие функции. Конкретным примером может служить токарный обрабатывающий центр HyperTurn 690 производства фирмы EMCO (Австрия), оснащённый программным обеспечением Sinumerik 840D.

Конфигурация этого обрабатывающего центра вполне позволяет осуществить нарезку витков глобоидного червяка, причём возможно даже 2 варианта токарной обработки: без участия поворотной оси головки токарным резцом отрезного типа с круглой сменной твердосплавной пластиной и с участием поворотной оси головки токарным резцом с прямоугольной пластиной.

Программное обеспечение Sinumerik 840D позволяет создавать параметрические управляющие программы с циклами однотипных движений. При данном типе обработке получается трёхкоординатное пространственное движение без поворотной оси головки (круговая интерполяция по осям X и Z вдоль линии глобоида и интерполяция положения главного шпинделя станка), либо четырёхкоординатное пространственное движение с поворотной осью головки (круговая интерполяция по осям X и Z вдоль линии глобоида с интерполируемым поворотом оси головки в любой точке перпендикулярно касательной глобоиды и интерполяция положения главного шпинделя станка).

Таким образом, все минусы обработки на зубофрезерных станках устраняются. Экономический эффект достигается за счёт сокращения расходов на технологическую подготовку производства – отсутствует стадия проектирования и изготовления специального инструмента. Сокращается машинное время обработки детали – отсутствуют холостые ходы инструмента, за счет этого производительность обработки возрастает в 4 раза, и в 3 раза за счёт высокой производительности твердосплавных пластин.

#### Список литературы

1. Гаврилов А. Н. Геометрическое и компьютерное моделирование формообразования и контроля рабочих поверхностей глобоидных червяков: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.01.01 / А. Н. Гаврилов. - Н. Новгород, 2005. - 20 с.

2. Карпуть В.Е. Эффективное использование станков с ЧПУ // Сучасні технології у машинобудуванні: Збірник наукових статей / за заг. ред. Н.І. Грабченка. – Том 2. – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 488с.

3. Machine description Hyperturn 690. Ref.- Nr/ EN4062 Edition E 2005-7 EMCO Mair Ges.m.b.H. P.O. Box131 / A-5400 Hallein- Taxach/ Austria.

## ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИНЦИПАХ МОДУЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ ПАТ «СНВО ІМ. М.В. ФРУНЗЕ»

*Думанчук М.Ю., ст. викладач, СНАУ, м. Суми*

Однією з головних відмітних рис машинобудівного виробництва початку ХХІ століття стало необхідність багаторазового прискорення темпів технологічної підготовки виробництва (ТПП) з одного боку, та збільшення обсягів робіт з іншого. Вирішення цього протиріччя стає можливим лише завдяки впровадженню нових методик проектування технологічних процесів механоскладального виробництва, заснованих на широкій уніфікації технологічних рішень і автоматизації ТПП із застосуванням сучасної обчислювальної техніки й відповідного програмного забезпечення.

У сучасному машинобудуванні діють три принципово різних методи побудови технологічних процесів (ТП) - одинична, типова, групова.

Новий метод проектування технологічних процесів базується на модульному принципі проектування, при цьому як об'єкт класифікації виступає те загальне, що визначає конструктивний зміст деталі незалежно від технології виготовлення: проміжне між деталлю й окремою поверхнею сполучення поверхонь, призначених для спільного виконання закінченої службової функції деталі. Таке сполучення поверхонь або окрема поверхня називається модулем поверхонь (МП) [1]. Подання деталі як сукупності модулів поверхонь відкриває можливість здійснювати проектування технологічного процесу як компонування його з технологічних блоків виготовлення кожного її модуля поверхонь, а виготовлення всіх поверхонь модуля на одній операції за один установ гарантує високу точність відносного положення його поверхонь.

Розглянемо особливості використання модульної технології в умовах ПАТ «СМВО ім. Фрунзе» на прикладі деталі «Шток», яка призначена для передачі поступального руху від кривошипно-шатунного механізму до поршня компресора. Деталь має конструкцію середньої складності та містить 43 поверхні, в основному зовнішні циліндричні та торцеві. Виконавши класифікацію модулів поверхонь по методу Базрова Б.М. [1] отримаємо більше 30 модулів поверхонь різних найменувань, при цьому, велика кількість МП складаються з однієї або двох поверхонь.

Таким чином, можна виділити декілька недоліків модульної технології, які заважатимуть ефективному її використанню на машинобудівних підприємствах:

- при класифікації реальних деталей середньої й високої складності виходить велика кількість МП, що складаються з 1-2 поверхонь;
- неоднозначність класифікації деяких сукупностей поверхонь;
- невизначеність місця ТО, ХТО в модульній технології.
- необхідність обробки деяких МП на різних верстатах, що суперечить основним положенням модульної технології.

Для усунення вказаних недоліків пропонується:

1) розбити обробку МП на три етапи: чорновий, чистовий і оздоблювальний. Це дозволить робити обробку одного МП на верстатах різних груп, а також при необхідності вставляти між етапами ТО, ХТО й операції технічного контролю;

2) розробити типові конструкції модулів поверхонь, що враховують вимоги по технологічності.

Для підвищення технологічності конструкції модулів поверхонь пропонується приєднати максимально можливе число МПС (фаски, галтели, технологічні канавки) до МПБ, тим самим підвищуючи технологічність МПБ і зменшуючи кількість МПС. Таким чином, одержуємо типові модулі поверхонь, кількість яких у кілька разів менше.

Так як модуль поверхонь є частиною деталі, то для його одержання також необхідно виконати послідовність технологічних впливів на заготовку. Дана послідовність є технологічним модулем і являє собою частину технологічного процесу. Технологічний модуль є об'єднуючим елементом між модулем поверхонь і заготівельним модулем. Заготівельним модулем є сполучення поверхонь заготовки після обробки яких за допомогою технологічного модуля отримується відповідний модуль поверхонь.

Всі технологічні впливи по механічній обробці розбиваються на три етапи: чорновий, напівчистовий і оздоблювальний. При виконанні кожного із зазначених етапів виконується, у загальному випадку, однократна обробка всіх елементів типового модуля поверхонь із досягненням відповідної точності і якості.

Етапи відрізняються друг від друга не тільки параметрами оброблених поверхонь, що досягаються, але, у загальному випадку, також і методами обробки. Так, наприклад, при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь на першому етапі звичайно виконується чорнове точіння, на другому - чистове точіння, а на третьому етапі - шліфування. При обробці конкретної деталі технологічний процес складається з робочих технологічних модулів, які формуються з типових технологічних модулів шляхом відкидання надлишкових технологічних переходів. При виконанні обробки спочатку виконуються чорнові етапи всіх технологічних модулів, потім – напівчистові, потім – чистові.

Використання розробленої методики при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі «Шток» дозволило зменшити кількість операцій з 37 до 28 (в тому числі механічних – з 17 до 11), а трудомісткість механічної обробки – з 82,47 до 64,42 хв.

#### Список літератури

1. **Базров Б.М.** Совершенствование производства деталей на основе модульной технологии. / Б.М. Базров – М.: Информприбор, 1989. Вып. 4. ТС-9 "Технология приборостроения." С. 52.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ СБОРКЕ С НАТЯГОМ ДЛИННОМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Пирогов А.Д., гл. инженер насосного производства,  
ПАО «СНПО им. М.В. Фрунзе», г. Сумы;  
Залого В.А., профессор, зав. кафедрой, СумГУ, г. Сумы*

При изготовлении роторов высокооборотных компрессоров (рис. 1), насосов (рис. 2), центрифуг и др. применяется тепловая сборка рабочих колес с валами. Для упрочнения специальных длинномерных труб, испытывающих значительные нагрузки используют автофретирование или бандажирование. В литературе имеются методики расчета и выбора параметров технологических процессов напрессовки для передачи крутящих и изгибающих моментов, но нет обоснованных рекомендаций по гарантированному обеспечению конструктивных требований: наличие тепловых зазоров между торцами деталей (промежуточные втулки, рабочие колеса) или их полное отсутствие между втулками опорно-упорных подшипников и рабочими колесами «холодных» насосов. Для труб требуется беззазорная установка бандажей.



Рисунок 1 - Многоступенчатый ротор высокооборотного центробежного компрессора газоперекачивающего агрегата.

На практике данные вопросы решаются на основании опыта, что часто связано с отступлениями и необходимостью срезать дорогостоящие детали с



неразборного соединения. Поэтому для новых изделий целесообразно проводить выбор оптимальных параметров процесса при тепловой сборке (температура нагрева, осевое усилие, координаты зоны охлаждения, время и др.) с использованием имитационного моделирования.



Рисунок 2 – Вертикальная сборка выемной части подпиточного многоступенчатого насоса АЦНА 60-185 для АЭС с использованием нагрева рабочих колес.

Для анализа процесса тепловой сборки длинномерных валов (толстостенных труб) со втулками (бандажами) с обеспечением проектных параметров соединений разработана методика, расчетные схемы и алгоритм исследования кинетики напряженного и теплового состояния сопрягаемых деталей.

Для специальных труб с несколькими бандажами (полисоединения) разработана аналогичная методика, предусматривающая очередность напрессовки, уравнивание температур, подбор удерживающего усилия и др.

Результаты расчетов используются для создания универсальных сборочных комплексов, включающих системы: дозированного нагрева, создания осевых усилий, охлаждения с общим управлением всеми процессами.

Работоспособность методики после проверки на тестовых деталях подтверждена успешной апробацией при разработке технологических процессов сборки целого ряда роторных машин и бандажированных труб.

# МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ НА ФРЕЗЕРНОМУ ВЕРСТАТІ 6Р13Ф3 ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ

*Осадчий І.О., студент, Криворучко Д.В., доцент, СумДУ, м. Суми*

**Мета і задачі дослідження.** Мета дослідження полягає у доведенні можливості прогнозування показників процесу стружкоутворення процесу фрезерування у податливій технологічній системі на основі моделі процесу, що реалізована в єдиному програмному середовищі.

Для досягнення зазначеної мети поставлені **такі задачі:**

1. Розробити скінчено-елементні моделі вертикально-фрезерного верстата 6Р13Ф3 та процесу фрезерування.
2. Розробити модель замкненої технологічної системи.
3. Виконати пошукові розрахунки та дослідити вплив недосконалостей технологічної системи на процес стружкоутворення.

**Об'єкт дослідження** – технологічна система фрезерного верстата.

**Предмет дослідження** – модель технологічної системи.

**Методи досліджень.** Під час виконання роботи застосовувалися сучасні методи модельних та натурних досліджень. Для прогнозування виду, форми та розмірів стружки, сил різання в роботі використано метод скінченних елементів (МСЕ) за методологією, розробленою в роботі. Визначення динамічних характеристик технологічної системи виконано шляхом створення імпульсного збурення з одночасним вимірюванням реакції системи динамометром з реєстрацією сигналів АЦП.

**Практичне значення отриманих результатів** для машинобудівної галузі полягає у розробленні інструменту дослідження на стадії проектування верстатів та технологічних систем в цілому їх вихідних показників та створенні передумов для оптимізації процесів механічного оброблення і підвищення їх енергоефективності. Реалізація числових моделей виконана з використанням ліцензійного програмного забезпечення LS-DYNA.

**Висновки:** Розроблено методологію побудови раціональної з точки зору витрат ресурсів обчислювальної системи скінчено-елементної сітки складної технологічної системи, що включає елементи різної маси, жорсткості та розмірів, а також рухомі та нерухомі з'єднання зі скінченою величиною контактної жорсткості. Проведені пошукові розрахунки процесу стружкоутворення у абсолютно жорсткій та податливій технологічній системах, результати яких показали, що переміщення у технологічній системі в момент врізання призводять до запізнення початку сталого стружкоутворення, додаткового тертя зубів о заготовку без різання та активації вібрацій

## ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПРИВОД РОБОЧИХ ЛАНОК ВІБРОАБРАЗИВНИХ ЗАЧИСНИХ ВЕРСТАТІВ

*Манжілевський О.Д., асистент, ВНТУ, м. Вінниця*

Використання вібротехнологій обумовлюється потребами підвищення інтенсивності, поліпшення якісних показників різних технологічних процесів, зокрема, оздоблювально-очисних, зміцнювальних та інших фінішних операцій [1].

Одним із найефективніших з вище вказаних процесів є вібропросторова механічна обробка [1; 2]. Суть цього виду обробки заключається в тому, що до робочого органу (бункера), що заповнений абразивним матеріалом, в який занурено оброблювані деталі, прикладається дво-, або трикоординатне (просторове) вібраційне навантаження, що дозволяє відтворювати траєкторії руху робочого середовища довільної форми. Застосування даного типу обробки забезпечує більшу ефективність та підвищену точності відтворення заданих параметрів процесу обробки, що розширює сферу її використання. Ефективність вібропросторової механічної обробки пояснюється тим, що при складній траєкторії переміщення робочого органу оброблюваній деталі надається більша величина кінетичної енергії, що обумовлює більш інтенсивну її взаємодію із абразивним середовищем [2].

Для забезпечення роботи обладнання в якому реалізується вібропросторова механічна обробка, використовуються різні типи приводів: механічний, гідравлічний, пневматичний, електричний, комбінований тощо.

Авторами запропоновано використати гідравлічний привод збудження вібрацій. Це пояснюється тим, що вібраційний гідравлічний привод має найменші розміри з поміж інших типів приводів при тій же величині потужності, а також здатний створювати вібрації широкого діапазону [3].

На основі гідравлічного приводу було запропоновано установку для просторової віброабразивної обробки деталей складної конфігурації, схема якої подана на рисунку. Установка (I) складається із U-подібного бункера 1, що встановлений на демпфувальних елементах 2 на віброізольованій станині 3 та приводу (II) примусового переміщення оброблюваної заготовки 4, що складається із елементів паралельної кінематики типу трипод 5 та мотор-шпіндера 6. Привод (II) змонтовано на двох стійках 7.

Привод (II) забезпечує розміщення оброблюваних поверхонь деталі під необхідним ефективним кутом (кутом атаки) до траєкторії руху абразивної маси, а мотор-шпіндель використовується при необхідності надання оброблюваній деталі обертального руху, що значно підвищує ефективність процесу обробки.

Просторове вібронанавантаження створюється 3-ма виконавчими вібраційними гідроциліндрами оригінальної конструкції 8, 9 та 10 [3], які розташовані у 3-х ортогональних площинах. Створене вібронанавантаження призводить до переміщення у просторі абразивної маси у U-подібному

бункері по траєкторії, що є результатом складання переміщень виконавчих гідроциліндрів 8, 9 та 10. Живиться привод від стандартної гідростанції 11.

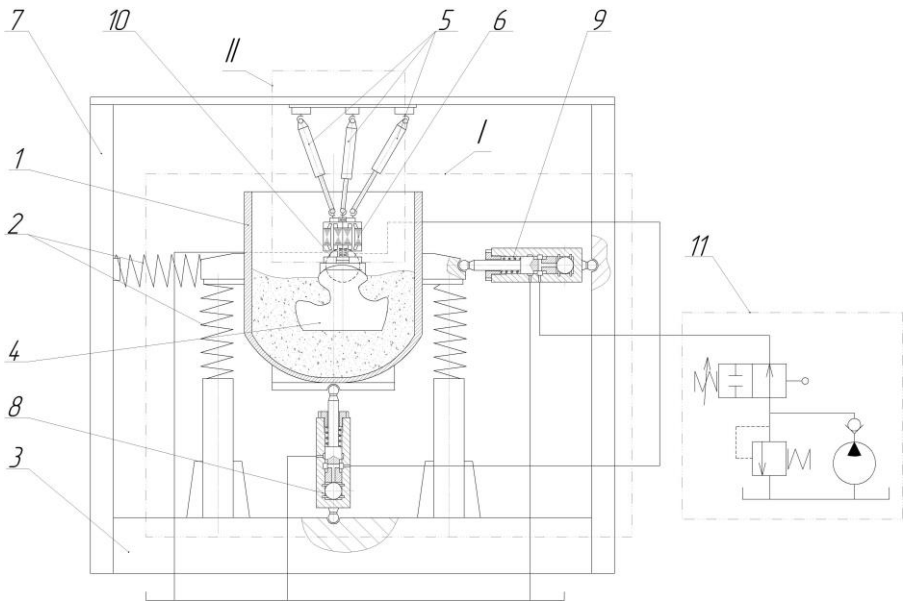


Рисунок – Конструктивна схема віброустановки

Автором запропонована конструктивна схема установки для реалізації вібропросторової механічної обробки. Використання установки в якій реалізується просторове вібраційне навантаження дозволить значно підвищити ефективність фінішної абразивної обробки та зменшить її тривалість.

#### Список літератури

1. Бабичев А.П. Основы вибращионной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. Ростов-на-Дону. Издательский центр ДГТУ, 1998. – 624с. ISBN 5-7890-0043-6.
2. Овчинников П.Ф. Віброреологія. – Киев: Наукова думка, 1983. – 272 с.
3. Іскович-Лотоцький Р.Д. Сучасне обладнання для віброабразивної обробки деталей складної конфігурації / Р.Д.Іскович-Лотоцький, Ю.В.Булига, О.Д. Манжілевський // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк 2011, 2011. – №31. – С. 134 – 137.

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Мужецкий А.И., магистрант, Колесник В.А., аспирант,  
Евтухов А.В., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы*

Создание новых композиционных материалов с высокими прочностными характеристиками при малом удельном весе делает их широко распространёнными практически во всех областях машиностроения. Одним из видов таких материалов являются волокнистые полимерные композитные материалы (ВПКМ). Основными областями применения ВПКМ являются авиационная и ракетно-космическая техника.

Современные методы формовки и производства ВПКМ не позволяют создавать детали в конечной конфигурации без применения механических операций. В авиационной промышленности наиболее распространёнными видами механической обработки ВПКМ являются сверление, растачивание, зенкерование отверстий, что осложняется анизотропией механических свойств, обусловленных слоистой структурой материала. При механической обработке ВПКМ характерными дефектами являются: расслоения, ворсистость, термическая деструкция, вытягивание волокон, что в свою очередь определяет неравномерную шероховатость, размерную точность и геометрические погрешности обрабатываемых отверстий. Решение указанных проблем возможно путем оптимизации режимов резания, геометрии режущего инструмента, выбора рациональных составов СОТС.

Вопросы оптимизации могут быть решены, в частности, путем проведения натуральных экспериментальных исследований. В тоже время, следует учитывать, что в связи с малоизученностью процессов обработки композиционных материалов, экспериментальные исследования будут носить скорее поисковый характер, что в свою очередь связано со значительными затратами материальных, энергетических, финансовых ресурсов. В связи с этим при исследовании процессов механической обработки ВПКМ пристальное внимание должно быть уделено использованию методов имитационного моделирования, в частности, метода конечных элементов, который в настоящее время имеет достаточную развитость для решения подобных задач.

Возможным выходом из данной ситуации является разработка модели процесса резания, в основе которой будет находиться виртуальная модель ВПКМ со свойствами максимально приближенными к действительным. Моделирование ВПКМ, режущего инструмента и собственно процесса резания может быть выполнено в пакете Ansys, который представляет собой достаточно мощную и универсальную программную систему конечно-элементного анализа, и позволяет задавать структуру обрабатываемого

материала, выбирать критерии разрушения, прогнозировать качественные показатели обрабатываемой поверхности.

Корректность решения задач методом конечных элементов в значительной мере зависит от выбора уровня детализации структуры материала (макромеханический, мезомеханический, микромеханический). Тогда основными проблемами использования метода конечных элементов при моделировании ВПКМ можно считать рамки его применения по уровням детализации, например макромеханический метод не способен учитывать взаимодействия внутри композита, потому дает большую ошибку при ориентации волокон больше  $90^\circ$ . Мезомеханический метод используется только для рассмотрения взаимодействия соседних слоев между собою, так как не учитывает взаимодействия в них. Проблемой микромеханического метода, являются трудности в определении свойств матрицы, волокон, и особенно когезионных связей между ними. Более того практически невозможно смоделировать неоднородность слоев композита.

**ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ  
У МАШИНОБУДУВАННІ**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИЗНОСА БУМАГОРЕЗАЛЬНОГО НОЖА ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ

*Алексеевко Д. М., доцент, Нестерова М. С., студентка, СумГУ, г. Сумы;  
Залавская Н. Н., магистр, СНАУ, г. Сумы*

Основными конструктивными особенностями бумагорезальных ножей являются малые углы заострения, существенная протяженность режущей кромки и высокие точностные требования к ее прямолинейности. Эти особенности являются определяющими при достижении наиболее рациональных условий эксплуатации инструмента с позиции максимальной его стойкости. Наиболее доступным путем повышения стойкости инструмента является совершенствование технологии заточки и доводки [1].

При постоянных критериях затупления, лезвия, полученные различными способами заточки, отличаются геометрической формой. У ножей, заточенных кругами из СТМ, линейный износ превышает линейный износ ножей, заточенных абразивным кругом. Причем, увеличение стойкости более существенно и несоизмеримо с линейным износом. Наличие этого эффекта возможно за счет эквидистантного изменения геометрического профиля режущего клина.

Устойчивый процесс эквидистантного износа или близкий к нему может характеризоваться полным или частичным процессом самозатачивания инструмента. Для управления процессом износа с целью достижения условий самозатачивания выполнены исследования геометрических параметров лезвия с помощью искусственных нейронных сетей [2].

Процесс самозатачивания возможен в условиях наличия сочетания определенных значений всех, имеющих место при эксплуатации инструмента, влияющих факторов.

Одним из путей возможного управления износом может быть новая конструкция комбинированного составного ножа, которая позволит достичь большей стойкости в условиях ограниченного «самозатачивания». Реальный процесс «самозатачивания» может рассматриваться как затухающий, но недостаточный для максимально возможного эффекта.

Для решения этой задачи применен нейроимитатор в виде программного продукта NEUROPRO 0.25 и алгоритм обучения по методу сопряженных градиентов. Такой выбор обуславливается тем, что искусственные нейронные сети имеют дело с нелинейными зависимостями, с большим количеством параметров и недостающими данными, и могут использоваться даже в случаях, когда нет точных данных о взаимосвязях между различными параметрами процесса.



В качестве данных для обучения нейронной сети использованы экспериментально полученные значения геометрических параметров образцов с различными технологиями заточки.

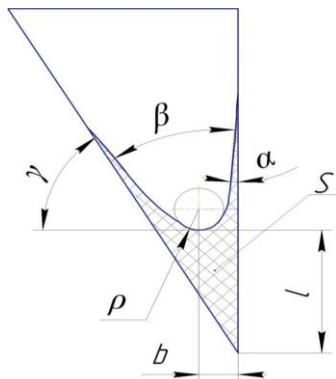


Рисунок – Схема геометрических параметров режущего лезвия

Структура нейронной сети состоит из семи входных полей и одного выходного. Среди которых:  $L$ ,  $m$  – длина пути резания;  $l$ , мкм – линейная величина износа лезвия;  $\beta^\circ$  - угол заострения;  $\alpha^\circ$  - задний угол;  $\gamma^\circ$  - передний угол;  $b$ , мкм – смещение центра радиуса округления режущей кромки относительно плоскости резания;  $S$ , мкм<sup>2</sup> – площадь сечения изношенного участка;  $\rho$ , мкм – радиус округления режущей кромки.

Основные преобразования в нейронной сети осуществляются нейронами, которые в общем случае состоят из адаптивного сумматора, вычисляющего взвешенную сумму сигналов, приходящих на нейрон, и нелинейный преобразователь.

Из полученных результатов прогнозирования можем сделать вывод, что для постоянных параметров  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\rho$  и  $b$ , необходимым условием является пропорциональное увеличение линейного износа и объемного износа с увеличением пути реза. Исключением является первоначальная работа с наиболее интенсивным износом, когда происходит приработка инструмента и выход его на устойчивый режим.

#### Список литературы

1. Алексеенко Д.М. Особенности формирования режущего клина с малыми углами заострения // Вісник СумДУ. - 2008. - №1. - С.42 - 48.
2. Деревянченко А.Г., Фомин А.А., Криницын Д.А., Бовнегра Л.В. Формирование диагностической информации для систем поддержания работоспособности режущих инструментов// Наукові праці Донецького національного тех-нічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 5(139). – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – С.101 - 105.

## МОДЕЛЬ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ ПРИ ТАНГЕНЦІАЛЬНОМУ ТОЧІННІ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

*Дядюра К. О., доцент, Прокопенко О. В., аспірант,  
Ткачук Д. В., студент, СумДУ, м. Суми*

В сучасному машинобудуванні широке визнання отримала концепція вертикальних токарних верстатів з ЧПК. Таке обладнання виготовляють багато ведучих світових виробників. Підвищення ефективності механічної обробки матеріалів різанням на цих верстатах, що працюють в автоматичному режимі, може досягатися поєднанням і безперервним виконанням декількох послідовних операцій одночасно. Часто це пов'язано з реалізацією нестационарних процесів різання. Одним з таких процесів є попутне тангенціальне точіння (ПТТ), яке, завдяки його кінематичним особливостям, дозволяє поєднати на одному верстаті чорнову і чистову обробку шляхом реалізації роторного принципу її організації, що істотно підвищує продуктивність обробки і зменшує кількість одиниць металорізального обладнання.

Метод механічної обробки ПТТ на верстатах з ЧПУ дозволяє значно зменшити підготовчо-завершальний час і розширює їх технологічні можливості, при цьому забезпечується висока екологічність і безпека виробництва завдяки роботі без змащувально-охолоджуючої рідини (СОЖ). Проте, в умовах точіння з тангенціальною попутною подачею відсутність програмного забезпечення і технічних засобів, сприяючих надійному вибору оптимальних режимів різання стає на заваді запровадження цього методу, на виробництві.

Метою роботи є вибір моделі обчислення оптимальних параметрів механічної обробки різанням при ПТТ. Під оптимальними параметрами режиму різання розуміються такі значення величини швидкості різання і подачі, при яких процес обробки був би максимально ефективний з точки зору економічності і продуктивності, і при цьому виконувалися б усі технологічні вимоги, пред'явлені до оброблюваної деталі.

В роботі розглянуто один із шляхів вирішення цієї проблеми – застосування генетичного алгоритму – евристичного алгоритму пошуку, використовуюваного для вирішення завдань оптимізації і моделювання шляхом випадкового підбору, комбінування і варіації шуканих параметрів із використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію.

Для вирішення поставленого завдання було обрано за критерій оптимізації – собівартість обробки одиниці виробу (УС). Метою створюваної математичної моделі є мінімізація функції собівартості, яка включає в себе вартість обробки, вартість заміни інструменту і витратах на інструмент.

$$UC = C_M + C_R + C_T = k_0 T_M + k_0 \left( t_e \frac{T_M}{t_l} \right) + k_i \frac{T_M}{t_l},$$

де  $C_M$  - собівартість обробки одиниці продукції, у.о /шт;  $C_R$  - вартість заміни інструменту на одиницю продукції, у.о /шт;  $C_T$  - вартість інструменту на одиницю продукції, у.о /шт;  $k_0$  - коефіцієнт прямих витрат на робочу силу і накладні витрати, у.о /шт;  $T_M$  - час обробки одиниці продукції, хв;  $t_l$  - час роботи інструменту, хв;  $t_e$  - час на заміну інструменту, хв;  $k_i$  - вартість ріжучої твердосплавної пластини, у.о /шт;

Для реалізації обраної математичної моделі, шляхом тестувань і вивчення літератури, застосовувалися наступні параметри генетичного алгоритму:

розмір популяції	20;
довжина хромосом (бінарна)	40;
метод селекції	рулетка;
метод кросовера	двох точковий;
ймовірність кросовера	0,9;
ймовірність мутації	0,01.

Запропонована методика була реалізована у програмі «GA», виконаній у середовищі об'єктно-орієнтованого програмування DELFY. Приклад визначення оптимальних режимів різання наведений для обробки заготовки діаметром D=60 мм із сталі ШХ15 твердосплавними пластинами Т15К6.

Результати обчислень для заданих умов наведені у таблиці.

Таблиця – Результати обчислень

V, м/хв	S, мм/об	Δ, мм	Ціна, у.о
336,433	1,462	1,069	5,617

Завдяки використанню стохастичного метода пошуку – генетичного алгоритму, вдалося реалізувати методику для вирішення завдання по знаходженню коренів нелінійної функції з обмеженнями у вигляді також нелінійних рівнянь, а саме - визначення режимів обробки тангенціального точіння з попутною подачею виходячи з собівартості обробки одиниці продукції. В подальшому планується порівняння ефективності з іншими актуальними на сьогоднішній день алгоритмами евристичного пошуку.

## ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ СИНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ

*Дядюра К. О., доцент, Юнак А. С., аспірант,  
Максименко І. О., студентка, СумДУ, м. Суми*

Рівень розвитку енергетики має вирішальний вплив на стан економіки в державі. Забезпечення виконання Енергетичної стратегії України на період до 2030 року пов'язане із зниженням енергоємності продукції за рахунок розробки та впровадження прогресивних енергозберігаючих технологій та обладнання, підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, оптимізації структури споживання, збільшення використання альтернативних видів палива, в тому числі вторинних енергоресурсів.

Запровадження національних енергетичних проєктів базується на проведенні нової технічної політики, спрямованої на створення повнофункціональних систем машин, забезпечення модульності, багатоопераційності, заощадження ресурсів, застосування нових матеріалів і покриттів, енергонасиченості, високих та надвисоких швидкостей, технологій з гранично допустимим тиском, обертами, навантаженням, паралельного виконання основних і допоміжних функцій, ергономічності, високої автоматизації техніки, використання інформаційних технологій, мехатронних систем, систем управління якістю, уніфікації елементної бази, орієнтації на міжнародні стандарти та інше підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів.

Розвиток сучасного енергетичного машинобудування тісно пов'язаний з постійним підвищенням вимог до якості виготовленого обладнання. Надійність обладнання - один з основних показників якості процесу експлуатації. Сучасний етап розвитку теорії надійності характеризується зближенням з дослідженнями, що мають фізико-хімічний характер і належать до суміжних наук, зокрема, до таких, як термодинаміка і теорія міцності.

Враховуючи високу питому вагу методів механічної обробки різанням (більше 30%) у машинобудуванні, одним з основних показників якості і надійності деталей обладнання є параметри стану поверхневого шару. Саме від властивостей поверхневого шару безпосередньо залежать майбутні експлуатаційні характеристики машин. Проблема, пов'язана з необхідністю керування процесом механічної обробки для отримання необхідних якісних характеристик деталей, завжди залишається актуальною для будь-якого машинобудівного обладнання. При керуванні процесом механічної обробки необхідно вирішувати складне завдання оптимізації, що враховує фізичні процеси, які виникають при виготовленні матеріалу і заготовки у процесі різання та експлуатації деталі при виконанні функціонального призначення машини (обладнання). Більшість досліджень закономірностей формування поверхневого шару присвячена параметрам шорсткості поверхні. Питанням

комплексного формування фізико-механічних характеристик поверхневого шару, залишкової напруги і наклепу на сьогодні приділяється недостатньо уваги. У більшості випадків за кожною відмовою в експлуатації стоїть реальна виробничо-технологічна причина, закладена при створенні виробу, отже, виникнення ненадійності носить спадкоємний характер. Недоліки, що вносяться у продукцію при її створенні, визначають її експлуатацію і можливі несправності.

Метою даної роботи є зниження негативної технологічної спадковості процесів механічної обробки різанням деталей енергетичного обладнання.

Вивчення технологій механічної обробки різанням зазвичай обмежується рамками окремих операцій. Однією з основних її характеристик є невизначеність процесів. Проте при використанні високо-інтенсивних дій потоками енергії і речовини необхідно усебічно досліджувати точність і фізико-механічні властивості, враховуючи дію технологічно-експлуатаційної спадковості. Це означає, що виробництво заготовок, усі операції і їх технологічні переходи, а також стадії експлуатації слід розглядати як відкриту систему взаємозв'язків, оскільки характеристики оброблених поверхонь формуються усім комплексом технологічних дій і змінюються в процесі експлуатації деталі. Для кращого контролю над процесом організації виготовлення і експлуатацією виробів необхідно провести більш ґрунтовне дослідження їх взаємозв'язків. Застосування синергетичного підходу, на нашу думку, в даному випадку є коректне і важливе для розуміння фізичної природи відмов і ролі етапів створення виробів у процесах формування рівня надійності.

Недоліки, що вносяться у виріб при його створенні, визначають його експлуатацію і можливі несправності. Сумарна невизначеність по надійності (ентропія), накопичена при створенні виробу, тобто сума невизначеностей, закладених при проектуванні, і тих, що виникли на стадії виробництва, проходить протягом експлуатації латентний період і у певний момент часу досягає свого критичного значення, в сумі з експлуатаційною невизначеністю, що і призводить до виникнення відмов. Напрямок процесів виникнення відмов у процесі роботи виробу, відповідно до другого закону термодинаміки, вказує на зростання ентропії системи. Ентропія оцінюється рівнем дефектності на етапах створення продукції або в процесі технологічних операцій (переходів). Саме підсистема механічної обробки визначає заходи, що знижують рівень ентропії.

У цій роботі пропонується структурна модель керування процесом механічної обробки різанням, яка дає можливість отримати необхідні зв'язки між параметрами стану поверхневого шару та вхідними й функціональними параметрами процесу експлуатації за рахунок обґрунтування оптимального рівня параметрів обробки, що забезпечують максимальну продуктивність або мінімальну собівартість. На базі структурної моделі пропонується математична модель формування залишкових напружень від дії силового, температурного факторів та структурно-фазових перетворень у поверхневому шарі деталі.

## ОСОБЕННОСТИ ЛЕЗВИЙНОЙ МИКРООБРАБОТКИ

*Голобородько Л. В., аспирант, Некрасов С. С., ассистент, СумГУ, г. Сумы*

Исторически так сложилось, что человечество, развиваясь и познавая окружающую природу, часто обращает свои взоры на предметы и явления макромира. В настоящее время, характеризующееся бурным развитием инструментов познания, методов и средств моделирования, информационных технологий и др. огромное внимание уделяют изучению объектов, различных явлений и эффектов в микро- и нанометрической области.

Понятие «микрообработка» предполагает реализацию различных процессов разделения материала резанием или его модификации в микрометрическом диапазоне (с толщиной срезаемого слоя от 0,5 мкм до 10 мкм), слишком малом для обработки традиционным (с толщиной срезаемого слоя больше 10 мкм) резанием. Микрообработка имеет широкое распространение в приборостроении и в микроэлектронике, которые интенсивно развиваются в настоящее время.

Процесс микрорезания имеет следующие особенности: толщина среза соизмерима с радиусом округления режущей кромки или же меньше в следствие чего резание происходит с большим отрицательным передним углом, что вызывает большие деформации сдвига; анизотропия свойств обрабатываемого материала; механические характеристики значительно выше, поскольку меньше дефектов.

Изготовление инструмента для микрообработки представляет особую сложность, связанную с высокой точностью соблюдения геометрии и малой прочностью. Особое внимание необходимо уделять изменению геометрии режущего инструмента в процессе резания. Для изготовления такого инструмента используется мелкозернистый твердый сплав или быстрорежущая кобальтовая сталь. В некоторых случаях на инструмент наносят износостойкое покрытие.

Применение для обработки отверстий диаметром менее 1 мм сверл позволяет уменьшить себестоимость деталей по сравнению с электроэрозионной обработкой. Отверстия, полученные микросверлением, не имеют дефектного слоя, который образуется при эрозионной обработке.

Особое внимание также необходимо уделять инструментальной оснастке, позволяющей контролировать перемещение узлов станка в осевом и радиальном направлениях. Необходимо принимать во внимание также тот факт, что применение осевого микроинструмента требует использования высокооборотного оборудования (до 100000 об/мин).

Инструмент для микрорезания является высокотехнологичным и перспективным. Изучение особенностей процесса микрорезания и повышение производительности и стойкости инструмента для микрообработки в настоящее время является актуальной задачей.

## ВПЛИВ РАДІУСА ОКРУГЛЕННЯ РІЗАЛЬНОЇ КРОМКИ НА РЕСУРС ІНСТРУМЕНТА ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ РІЗАННЯ

*Голобородько Л. В., аспірант, Некрасов С. С., асистент, СумДУ, м. Суми*

Конструкційні матеріали з особливими властивостями все ширше застосовуються в сучасних машинах, забезпечуючи їх нові технічні характеристики та створюючи конструкторам нові можливості. Разом з тим механічна обробка таких матеріалів усе ще складна: продуктивність різання матеріалів з особливими властивостями в декілька разів менша за продуктивність різання традиційних конструкційних матеріалів.

Застосування в конструкціях насосів ливарної сталі аустенітного класу забезпечує істотне збільшення ресурсу цих машин. Проте, враховуючи складність механічної обробки та високу вартість матеріалу, ці сталі застосовуються досить рідко. Особливі властивості ливарних сталей аустенітного класу сприяють інтенсивному викрашуванню різальної кромки У зв'язку з цим виникає необхідність зміцнення різальної кромки фрези шляхом вибору раціональної величини радіуса округлення різальної кромки. Разом з тим для фрез, що застосовуються для обробки ливарних сталей аустенітного класу, існуючі рекомендації не забезпечують потрібного ефекту. У зв'язку з цим виявлення механізмів втрати працездатності фрез під час роботи за вказаних умов і розроблення рекомендацій з підготовки різальних кромок, які забезпечують підвищення їх ресурсу, є актуальним завданням

Сучасні уявлення про працездатність кінцевих фрез під час обробки ливарних сталей аустенітного класу обумовлені тим, що відмови виникають в результаті зниженої вібростійкості різального інструмента, інтенсивного адгезійного зношування, що відбувається при великих контактних напруженнях на поверхні різального леза. Переважним видом відмови є викришування різальної кромки. У цих умовах форма різальної кромки впливає на напружено-деформований стан різального леза. Разом з тим ця проблема для твердосплавних кінцевих фрез досліджена до цього часу недостатньо детально.

Метою роботи є підвищення ресурсу твердосплавних кінцевих фрез при обробці ливарних сталей аустенітного класу шляхом визначення методом моделювання процесу різання радіуса округлення різальної кромки фрези, який забезпечує найбільший ресурс інструмента.

Об'єкт дослідження – процес фрезерування твердосплавними кінцевими фрезами ливарних сталей аустенітного класу.

Предмет дослідження – стан різальної кромки твердосплавних кінцевих фрез при фрезеруванні ливарних сталей аустенітного класу.

Методи дослідження. Під час виконання роботи використовувалися сучасні методи модельних та натурних досліджень. Для дослідження контактних напружень, напружено-деформованого та теплового стану в

системі різання використовувався метод скінченних елементів, реалізований у програмі LS-DYNA. Отримання коефіцієнтів визначального рівняння та рівняння пластичності виконане за допомогою модернізованої машини УМЕ-10ТМ для дослідів на розтяг-стиск за нормальних та підвищених температур. Дослідження стану різальної кромки та вимірювання радіуса її округлення проводилось з використанням растрового електронного мікроскопа РЕМ-100У. Експериментальні дослідження процесу фрезерування проводилися на вертикально-фрезерному верстаті 6Н13Ф3 із системою ЧПК WL4М із застосуванням динамометра УДМ-600 та тензометричного підсилювача LTR-212.

Розроблені методологічні основи створення моделі кінцевого фрезерування на основі використання стандартних випробувань оброблюваного матеріалу на міцність. Урахування впливу коефіцієнта тертя на торцях зразка у стандартній методиці випробувань на стиск дозволило вперше при обробці умовної діаграми стиску отримати коефіцієнти визначаючого рівняння та рівняння пластичності для ливарних сталей в умовах нормальних та підвищених температур. Порівняння визначального рівняння та рівняння пластичності, отриманих для сталі 12Х18Н12М3ТЛ, показали, що ця сталь порівняно з її деформованим аналогом 12Х18Н10Т має подібну здатність до деформаційного зміцнення та в 2 рази менші граничні пластичні деформації до руйнування при розтягуванні.

Моделювання кінцевого фрезерування в роботі реалізовано методом скінченних елементів у три етапи: моделювання у головній січній площині (2D - модель різання), моделювання стружкоутворення у просторі (3D-модель різання), розрахунок режимів області динамічної стабільності. У 2D-моделі враховані зміна товщини зрізу, округлення різального леза та його здатність пружно деформуватися, зміна температури в циклі різання. Розраховані контактні напруження, контактні температури, коефіцієнти запасу втомної міцності в об'ємі леза, які дозволили оцінити вплив стану різальної кромки на інтенсивність зношування, інтенсивність викришування, режим різання, що забезпечує стабільне фрезерування.

У результаті віртуальних досліджень за допомогою розробленої моделі встановлено, що на відміну від процесу точіння, при фрезеруванні стан різальної кромки (криволінійна ділянка в зоні кромки різального клину, що визначає його гостроту) змінюється циклічно, що проявляється у періодичному збільшенні радіуса її округлення в результаті накопичення в ній пошкоджень та руйнувань шляхом викришування. Це було підтверджено експериментально при фрезеруванні сталі 12Х18Н12М3ТЛ.

Експериментальні дослідження процесу фрезерування твердосплавними кінцевими фрезами різної конструкції, але з однаковими радіусами округлення різальної кромки, підтвердили, що переважною причиною відмов є викришування різальної кромки, що можна компенсувати вибором раціонального значення початкового радіуса округлення різальної кромки відповідно до встановлених у роботі механізмів.



## МОДЕРНІЗАЦІЯ ТОРЦЕВОЇ ФРЕЗИ NOVEX F2250 КОМПАНІЇ WALTER

*Городецький Е., студент, СумДУ, м. Суми*

За даного розвитку машинобудування з кожним роком зростає точність виготовлення деталей. На виготовлення деталей з високою точністю впливає жорсткість верстата, а також безпосередньо впливає жорсткість інструмента який буде оброблювати деталі.

У даній роботі ми розробимо конструкторську та технологічну документацію виготовлення торцевої фрези з восьмигранними змінними пластинами. З фрези Novex F2250 компанії Walter, яка була з чотирьохгранними пластинами ми замінили їх на восьмигранні, дещо змінивши конструкцію тримачів пластин та самої форми фрези.

Дана фреза використовується при обробці площин, виступів на площинах та уступів для чистової обробки. При встановленій на фрезі чотирьохгранної пластини діапазон оброблюваних матеріалів був менший, ніж з восьмигранними пластинами, що можна прослідкувати за каталогом виробником Walter.

Торцева фреза з восьмигранними пластинами за рахунок своєї жорсткості може оброблювати поверхні з більшою точністю, ніж інші фрези, а також працювати з високою частотою обертання до 16900 об/хв. За рахунок своєї конструкції дана фреза має ряд переваг, порівняно з іншими торцевими фрезами, а саме: висока жорсткість; можливість регулювати виліт пластин; наявність змінних картриджів; збільшення продуктивності, за рахунок роботи на великих обертах; широкий діапазон оброблюваних матеріалів.

В конструкції даної фрези враховано можливість налагодження вильоту пластин та встановлення їх вершин в одній площині без зміни конструкції самої фрези в діапазоні 1,2 мм. Це реалізується за допомогою ексцентрика, який під час обертання може регулювати виліт картриджа, на який кріпиться змінна восьмигранна пластина. Дані картриджі фіксуються на фрезі за допомогою гвинтів.

Дана фреза є насадною і кріпиться на оправку. Крутний момент до фрези від оправки передається за рахунок шпонкового з'єднання. В даній фрезі використовується схема закріплення ріжучої пластини S. Силове замикання за схемою S створює механізм, де основною ланкою є зігнута тяга з голівкою. Проте одна і та сама схема може створюватися з допомогою різних механізмів. В нашому випадку ми затягуємо пластину гвинтом з конічною голівкою, що і буде слугувати нашим зажимом.

Дану фрезу виготовляє фірма Walter з 1999 року. Комплект деталей, який пропонує компанія не включає змінні багатогранні пластини.

*Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА СТАНКОВ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

*Емельяненко С. С., доцент, Борисенко Ю. С., студент, СумГУ, г. Сумы*

Обеспечение конкурентоспособности продукции современного машиностроения требует создания современного высокоэффективного технологического оборудования. Появление новых видов машин, транспортных средств и т.п. привело к широкому использованию сложных геометрических форм, которые довольно часто определяют их основные технические характеристики. Необходимость в прогрессивной обработке подобных сложных геометрических форм, требует применения принципиально новых технологий и подходов в обработке. Для реализации таких технологий в последние годы во всем мире все шире применяются станки, основанные на механизмах с параллельной кинематикой.

Данный вид оборудования в отличие от традиционного оборудования имеет замкнутые кинематические цепи и воспринимает нагрузку как пространственные фермы, что обуславливает повышение точности и жесткости. Каждая из кинематических цепей содержит привод или налагает какие-либо связи на движение выходного звена, в отличие от традиционного оборудования, когда кинематическая цепь не налагает никаких связей на движение выходного звена.

Традиционно основными критериями, применяемыми для оценки рабочих характеристик станков с параллельной кинематикой (СПК), принято считать: точность в рабочей области; жесткость в рабочей области; объем рабочей области; отсутствие положений в рабочей области или в процессе обработки заданной поверхности; объем станка.

Как известно традиционное оборудование, имеет последовательную структуру и у него форму и размеры рабочего пространства довольно просто можно определить, поскольку в большинстве случаев форма рабочего пространства это цилиндр или параллелепипед. В тоже время у СПК определение формы и размеров рабочего пространства имеет некоторые трудности. Это связано с наличием кинематических цепей, которые работают одновременно. У данного вида оборудования форма рабочего пространства представляет собой сложную геометрическую фигуру. Поэтому определение ее формы и размеров требует использования сложных математических зависимостей индивидуально для каждой конкретной структуры. Кроме этого особенностью данного типа оборудования является небольшой объем рабочего пространства в сравнении с габаритными размерами станка и существенное влияние конструктивных размеров, на форму и объем рабочего пространства. Таким образом, исследование формы и размеров рабочего пространства СПК на основе его моделирования является очень важным и перспективным направлением исследований при конструировании и создании СПК.

## ТОРЦЕВА ФРЕЗА З ТАНГЕНЦІАЛЬНИМИ ФРЕЗЕРНИМИ ПЛАСТИНАМИ

*Сьськова І., студентка, СумДУ, м. Суми*

Торцеві фрези широко застосовуються при обробці плоскості на вертикально-фрезерних верстатах. Вісь їх встановлюється перпендикулярно обробленій плоскості деталі. На відміну від циліндричних фрез, де всі точки ріжучих кромок профілюють і формують оброблену поверхню, у торцевих фрез лише вершини ріжучих кромок зубів є профілюючими. Торцеві ріжучі кромки є допоміжними. Головну роботу різання виконують бічні ріжучі кромки, розташовані на зовнішній поверхні.

Оскільки на кожному зубі лише вершинні зони ріжучих кромок є такими, що профілюють, форми ріжучих кромок торцевої фрези, призначеної для обробки плоскої поверхні, можуть бути найрізноманітнішими. У практиці знаходять застосування торцеві фрези з ріжучими кромками у формі ламаної лінії або кола. Причому кути в плані  $\phi$  на торцевих фрезах можуть мінятися в широких межах. Найчастіше кут в плані  $\phi$  на торцевих фрезах приймається рівним  $90^\circ$  або  $45 - 60^\circ$ . З точки зору стійкості фрези його доцільно вибирати найменшої величини, що забезпечує достатню вібростійку процесу різання і задану точність обробки деталі.

Торцеві фрези забезпечують плавну роботу навіть при невеликій величині припуску, оскільки кут контакту із заготовкою у торцевих фрез не залежить від величини припуску і визначається шириною фрезерування і діаметром фрези.

Торцеві фрези можуть бути суцільні з твердого сплаву або збірними з пластинками із твердого сплаву. Перевага збірних фрез перед суцільними у тому, що у збірних фрезах можна замінювати ріжучі пластинки, а у суцільних існує певна кількість переточувань ріжучої пластинки і далі фрезою оброблювати не можна, потрібно брати нову фрезу.

ISCAR представляє нове сімейство фрезерного інструменту, який використовує тангенціально закріплені пластини з двома скошеними ріжучими кромками. Завдяки тангенціальному розташуванню пластин в посадочному гнізді, нові пластини включають виконання із збільшеним діаметром центральної частини інструменту по відношенню до інструменту з радіальним кріпленням пластин.

Пластини забезпечують м'який і чистий процес різання завдяки зігнутій ріжучій кромці і позитивним кутам врізання. Пластини виготовляються з найсучасніших сплавів SUMO TEC.

Цей інструмент має довгий термін служби і стійкість (завдяки тангенціальному кріпленню пластин). У корпусі фрези є отвір для внутрішнього підводу ЗОР.

*Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.*

## МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ НА ОСНОВІ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ФУНКЦІЙ

*Золотухіна Н. І., студентка, Лагута Г. Г., доцент, СумДУ, м. Суми*

Призначення параметрів режиму різання у випадку використання інструменту відомих фірм-виробників здійснюють або на основі даних каталогів, або на основі розрахунку з використанням калькуляторів параметрів режиму різання. Вибір вихідних даних, щодо призначення параметрів режиму різання, визначає методика конкретного виробника інструменту. Мета такого призначення практично полягає у визначенні швидкості різання. Методика призначення параметрів режиму різання є своєрідних «чорним ящиком», оскільки достеменно невідомі принципи, згідно з якими вона розроблена. Невідома, зокрема, цільова функція такого процесу. Мета дослідження полягає у забезпеченні призначення параметрів режиму різання у випадку використання інструменту відомих фірм-виробників на основі певних принципів оптимальності.

Відомо, що кожна точка характеристичної лінії «інтенсивність різання – стійкість інструменту» визначає сукупність параметрів режиму різання, що є оптимальною за співвідношенням «інтенсивність різання – стійкість інструменту». Визначивши параметри характеристичної лінії, можна здійснити призначення параметрів режиму різання, але вже з огляду на технологічні задачі, що розв'язуються.

Побудова характеристичної лінії для будь-якого сполучення оброблюваного матеріалу та конкретної різальної пластини стає можливою після моделювання сукупності параметрів режиму різання та стійкості інструменту з використання калькулятора параметрів режиму різання, наприклад, згідно з методикою незалежних статистичних випробувань. Масив отриманих даних є підставою для їх апроксимації, наприклад, адаптованою залежністю Г. І. Грановського щодо періоду стійкості різальної пластини, а саме:

$$T = \frac{C_T v^\mu s^\nu}{e^{av+bs}}.$$

У цьому випадку характеристична лінія є прямою, що визначена залежністю

$$\mu - av = \nu - bs.$$

Значення параметрів режиму різання, отриманих на основі результатів моделювання, згідно з підходом, що пропонується, засвідчили суттєве їх зниження у порівнянні з рекомендаціями відомих фірм-виробників інструменту.

## СВЕРДЛА ЗІ ЗМІННИМ ДІАМЕТРОМ

*Калашник М., студентка, СумДУ, м. Суми*

Спроектовано металорізальний інструмент оснащений багатограничними перерезуваними пластинами. Компанія ISCAR випускає свердло зі змінним діаметром для свердління отворів великого діаметра. В даній роботі ми розширили діапазон можливостей даного інструменту, зробивши можливим його використання не тільки в автоматизованому обладнанні, а і в універсальному. Це вдалося реалізувати завдяки зміні конструкції хвостовика, а також спроектувавши для нього допоміжний інструмент, а саме оправку. За рахунок цих змін свердло можна використовувати в якості розточувального інструмента для збільшення існуючих отворів.

ISCAR запускає нове сімейство свердел великого діаметра 61-80 мм, які розширюють існуючу лінійку свердел 14-60 мм. На корпусі свердел встановлені картриджі зі змінними квадратними пластинами з чотирма ріжучими кромками. Кожне свердло поставляється з декількома регульованими пластинами. При заміні цих пластин діаметр свердла може бути змінений. Поєднання корпусу свердла, регульованої пластини і картриджа задають певний діаметр (діаметр свердління). Завдяки цьому дуже легко збільшити або зменшити діаметр свердла.

Корпуса даних свердел мають високий кут підйому спіралі і великі канавки для легкого видалення стружки із зони різання при обробці широкого діапазону матеріалів, корпуси покриті зносостійким антикорозійним покриттям. Картриджі проходять спеціальну термообробку для збільшення зносостійкості при сходженні стружки. Нові свердла дозволяють вести обробку з великим зніманням металу.

Перевагами цього свердла є:

- збільшення продуктивності, завдяки обробці з високими режимами різання;
- кожне свердло поставляється з декількома регулюючими пластинами, що дає змогу змінювати діаметр свердел;
- нові свердла випускаються у всіх метричних розмірах;
- можуть використовуватися в якості розточувального інструмента для збільшення існуючих отворів.

*Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.*

## ВЕРСТАТИ ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНОЇ ГРУПИ ФІРМИ HONOR SEIKI

*Коротун М. М., доцент, Кононенко С. О., студент, СумДУ, м. Суми*

У курсовому та дипломному проектуванні з металорізальних верстатів значне місце займають токарно-карусельні верстати. Для того, щоб виконувати проекти на сучасному рівні, потрібно постійно знайомитися із розробками виробників світового рівня. Одним із таких виробників є фірма HONOR SEIKI co., ltd., яка заснована в 1987 році. За 20 років компанія змогла увійти в 20 лідерів з виготовлення токарно-карусельних верстатів з ЧПК, та оброблюючих центрів на їх базі. Завдяки особливому ставленню HONOR SEIKI до виготовлення верстатного обладнання токарно - карусельної групи, стало можливим розвивати дві окремі серії токарно - карусельних верстатів - heavy duty, для обробки при важких режимах, та high speed, для обробки з високою швидкістю.

Дана спеціалізація дозволила розвивати ці напрямки до рівня досконалих технічних рішень. Верстати серії heavy duty призначені для обробки крупногабаритних заготовок на важких режимах, в якості опції мають фрезерну функцію. Верстати оснащені горизонтально розміщеним обертовим столом – планшайбою, та пристроєм автоматичної зміни інструменту. В радіальних опорах шпинделя використовується два ряди циліндричних роликопідшипників, що значно покращує точність позиціонування і навантажувальну здатність планшайби.

Серія VL розроблена для високошвидкісної обробки корпусних деталей, що дає змогу реалізувати комплексну обробку деталей з елементами токарної обробки криволінійних і прямолінійних поверхонь, свердління, зенкування, розгортання отворів, проточки кільцевих канавок, нарізання різноманітних різей, фрезерування криволінійних поверхонь.

Унікальність верстатів Honor Seiki забезпечується багато в чому завдяки комплектації верстатів великим набором опцій – таких як привідний інструмент, кутові блоки, датчики виміру деталей та виміру інструменту Renishaw, оптичні лінійки Heidenhain, можливе комплектування спеціалізованими оправки та затискними пристроями, а також можливе комплектування роботизованим комплексом розвантаження та завантаження заготовок.

Компанія не припиняє удосконалювати методи складання та тестування обладнання після його виготовлення, постійно підвищуючи стандарти якості до виготовлення власної продукції.

Такий підхід до виготовлення продукції дозволяє Honor Seiki постійно розвивати технології для виготовлення нових конструкцій верстатів згідно до вимог часу та задач замовників.

## ПЕРЕНОСНИЙ ЧОТИРИКООРДИНАТНИЙ МОДУЛЬНИЙ ВЕРСТАТ

*Коротун М. М., доцент, Усик В. П., студент, СумДУ, м. Суми*

Пересувні верстати займають важливе місце в економіці будь – якої країни, тому що вони широко використовуються в умовах малого та середнього бізнесу, у приватних та домашніх майстернях, для моделювання та випробування нових технічних ідей, для навчання майбутніх спеціалістів з конструювання та експлуатації верстатного обладнання. Тому розробка, конструювання та моделювання пересувного чотирьох координатного верстата є актуальною навчальною, методичною та науковою задачею.

Метою роботи є можливість показати створення та проведення дослідження на віртуальній моделі технічних ідей, які можна впровадити на верстатах такого типу. Слід зауважити, що Internet пересичений конструкціями та прикладами використання таких верстатів. Але справа полягає у тім, що відеоролики конструкцій не супроводжуються ні кресленнями, а ні дослідженнями працездатності пересувних верстатів. Відсутніми є також модульні конструкції, тобто частіше пропонуються верстати, що призначені для виконання якогось визначеного типу операції, наприклад фрезерування або точіння. Тому нами були визначені задачі роботи, до яких надходили створення 3D моделі верстата, оснащення його сучасними конструкціями напрямних та тяглових пристроїв, а також розробка модульних пристроїв не тільки для круглого циліндричного точіння та плоского фрезерування, але й точіння фасонного, фрезерування не тільки циліндричної поверхні, але й можливості фрезерування по фасонній циліндричній поверхні; до модульних пристроїв також надходять пристрої для шліфування поверхонь практично будь – якого типу, заточування різальних інструментів різного типу і призначення; проведення віртуальних досліджень роботи верстата при різних умовах навантаження. На верстаті запропоновані напрямні кочення рельсового типу. Корпус напрямних має складний профіль і це ускладнює проведення віртуальних досліджень з навантаження та отримання результатів. У цьому випадку нами запропоновані спрощені конструкції віртуальних напрямних, які дають можливість проведення досліджень. Такий підхід до проведення досліджень на нашу думку є корисним не тільки при створенні нових конструкцій, але й для використання у навчальному процесі. Рухомі приводи верстата мають провід живлення, який рухається водночас із шпіндельною бабкою. На сучасних верстатах провід живлення розміщують у захисних пристроях ланцюгового типу. При створенні ланцюгових пристроїв і їх анімації виникають труднощі. Важливим є створення панелі управління верстатом. Оскільки верстат має четверту координату і призначений для виконання різних операцій, він оснащується приводами, що діють через комп'ютер та пристрої ЧПУ.

## РОЗРОБКА АНІМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТА ДОСЛІДИ ВУЗЛІВ ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНОГО ВЕРСТАТА

*Коротун М. М., доцент, Котенко О. В., студент, СумДУ, м. Суми*

При вивченні роботи та конструкції токарно – карусельних верстатів виникають труднощі, які можна подолати використовуючи сучасні інформаційні технології навчання, а саме застосування анімаційних програм. Нами змодельовані рухи головних вузлів та рухи при обробки деталі за допомогою програми FLASH. З огляду літературних джерел відомо, що пружні деформації складають суттєву долю у загальному балансі похибок при виготовленні деталей, особливо на токарно - карусельних верстатах. Внаслідок пружних та температурних деформацій, відцентрових сил різання, нерівномірного припуску заготовок, невідбалансованості їх виникають відносні зміщення планшайби, супорта та траверси верстата, що приводить до перерозподілу тисків, зміни товщини мастильного слою, зношенню напрямних. Дослідження пружних деформацій на сучасному рівні потрібно проводити з використанням комп'ютерних програм.

Сучасні технології дозволяють розробити віртуальну модель верстата з усіма її компонентами та проводити дослідження. Для того щоб дослідити деформації планшайби, напруження та переміщення вертикального супорта з траверсою змодельовали верстат у 3D виконанні. Метою дослідження було використання сучасних програм для досліджень та розгляду деформацій вузлів токарно – карусельного верстата. До задач роботи надходило: побудувати 3D модель токарно - карусельного верстата із анімацією роботи основних вузлів верстата: а) приводу головного руху; б) приводів переміщення супортів по траверсі та по стояку; в) механізму затискання – розтискання траверси; визначити основні вузли та провести аналіз їх деформацій, що виникають при роботі токарно – карусельного верстата; виконати дослідження пружних деформацій та жорсткості вузлів засобами комп'ютерного моделювання; зробити висновки на основі аналізу проведених досліджень та запропонувати корисну модель для зменшення пружних деформацій вузла верстата. Дослідження пружних деформацій проводити з використанням комп'ютерних програм SOLID WORKS та COSMOS WORKS. Щоб дослідити деформації планшайби окремо брали планшайбу з моделі верстата та навантажували її різними значеннями сил та їх розміщенням. За отриманими значеннями будували графіки деформацій. Навантаження проводили для порівняння в різних точках, а саме по центру та від центру на 300 мм на шести різних конструкціях, які відрізнялися кількістю ребер жорсткості та наявності вікон. Для розрахунку кута нахилу планшайби  $\Theta_{\max}$  існує відома формула, але її громіздкість не дозволяє використовувати її відразу при визначенні силах навантаження. Нами запропонований варіант використання формули, що дозволяє значно швидше знайти кут нахилу планшайби та прогнозувати похибки обробки деталі.



## СТЕНД ДЛЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

*Коротун М. М., доцент, Шевченко В. О., студент, СумДУ, м. Суми*

Розробка нових лабораторних робіт з металорізальних верстатів на фізичних об'єктах є складною задачею не тільки з організації таких робіт, але й з економічного чинника. Обумовлюється це тим, що сучасне металообробне обладнання та комплектуючі до нього потребують значних коштів для їх придбання. Тому створення віртуальних лабораторних робіт з металорізальних верстатів є актуальною науково – методичною задачею. Найкращим варіантом на наш погляд є такий, коли після створення, апробації та вдосконалення віртуальної лабораторної роботи можна надати рекомендації до придбання того чи іншого обладнання, тобто у такому випадку кошторисні витрати будуть обґрунтованими і можливо оптимальними.

Нами пропонується стенд, на якому можна показати процеси конструювання, виготовлення та складання основних елементів металорізального верстата будь – якого типу. Стенд являє собою композицію як оригінально спроектованих та виконаних елементів, так і таких, що пропонуються сучасними верстатобудівними фірмами у якості комплектуючих. Стенд імітує проектування, технологію виготовлення, контролювання та складання приводів переміщення робочих органів верстатів.

Основою стенда є плита визначених габаритних розмірів, на якій монтуються комплектуючі елементи. Але при виконанні лабораторної роботи студентам пропонується виконати пошук комплектуючих елементів, визначити їх конструктивні та силові параметри, підготувати плиту для закріплення на ній вибраних комплектуючих.

Основними комплектуючими стенда є напрямні та тяглові пристрої типу гвинт-гайка кочення. Пропонуються напрямні рельсового типу, але можливе використання і іншого типу напрямних. Для компонування напрямних з тягловим пристроєм потрібно виконувати контролювання їх розміщення на плиті як за висотою, так і за паралельністю, перпендикулярністю. Оскільки такі контролювання обов'язково потрібні, нами пропонується створення спеціальних віртуальних контролювальних пристроїв для виконання таких операцій у просторі.

У якості вимірювальних приладів пропонуються як відомі конструкції індикаторів годинникового типу, так і сучасні електронні прилади. Перспективним є використання датчиків типа Renishaw, з їх приєднанням до пристроїв, що надходять до комплектування стенда.

Таким чином, запропонований стенд вирішує складну науково – методичну задачу.

# ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З МЕТОЮ ПРОГНОЗУВАННЯ МОМЕНТУ СВОЄЧАСНОЇ ЗАМІНИ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Нагорний В. В., аспірант, Залого В. О., професор, СумДУ, м. Суми

Типовими дефектами інструменту, що підлягають своєчасному виявленню з метою оперативної його заміни, є зношування і відкол (викришування) леза інструмента. Однією з діагностичних ознак цих дефектів є величина (рівень) звуку, що супроводжує процес різання. Для ефективного діагностування, яке дозволяє запобігти утворенню браку, необхідно знати закономірності зміни цієї діагностичної ознаки і її залежність від технічного стану інструменту.

Для вирішення даної задачі було проведено комп'ютерне дослідження особливостей коливань динамічної моделі типового токарно-гвинторізного верстату типу 16К20Т1 у процесі зношування леза інструменту при обточуванні деталі зі сталі 40Х і інструменту з твердого сплаву Т15К6 [1]. Динамічна модель наведена на рис. 1. Вона дозволяє оцінити закономірності коливань основних агрегатів та оснащення верстата, що впливають на динамічний стан системи і якість різання, а саме: коливання ріжучої кромки ( $m_1, k_1, c_1$ ); коливання державки різця ( $m_5, k_5, c_5$ ); коливання супорту з револьверною головкою ( $m_2, k_2, c_2$ ); коливання станини верстата з передньою і задньою бабками ( $m_3, k_3, c_3$ ); коливання шпинделя разом з патроном і оброблюваною заготовкою ( $m_4, k_4, c_4$ ).

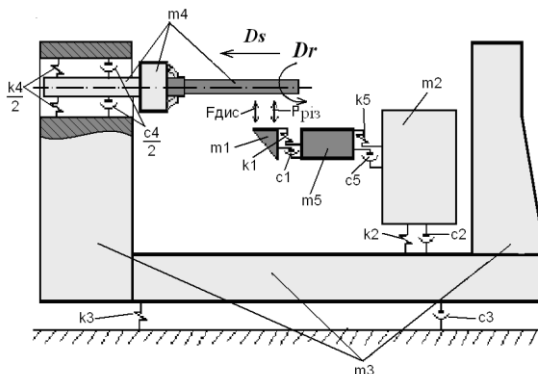


Рисунок 1 - Динамічна модель токарного верстата

Маса, жорсткість і демпфіруючі властивості модельованих вузлів верстата позначені на рисунку, відповідно, через  $m, k$  і  $c$ . Вхідним впливом

для моделі є зусилля, викликане дисбалансом шпинделя  $F_{дис}$  і зусилля різання  $P_{різ}$ . За допомогою моделі розглядаються коливання п'яти вузлів верстата, тобто вивчаються коливання верстата по п'яти ступеням його свободи, тому коливання моделі описуються системою з п'яти диференціальних рівнянь.

Відомо [1], що крива зношування (у загальному вигляді) має три періоди: припрацювання, нормальної роботи та катастрофічного зношування. Проведені дослідження показали, що траєкторія зміни рівня звуку в міру зношування інструменту складається з двох ділянок. На першій ділянці, що відповідає періоду нормальної роботи інструменту, на якому відбувається поступове зношування леза, звуковий рівень має майже стаціонарний характер. На другій ділянці, що відповідає періоду катастрофічного зношування, на якому має місце суттєва інтенсифікація процесу руйнування леза, відзначається різке збільшення рівня звуку,.

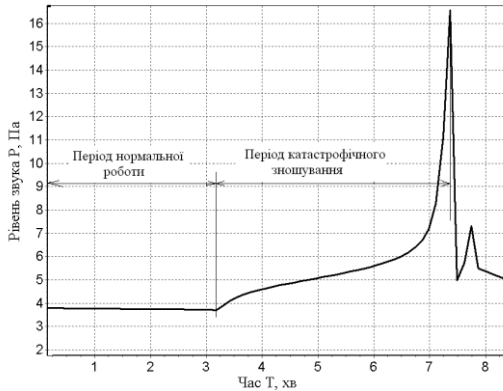


Рисунок 2 - Траєкторія зміни рівня звуку в процесі зношування леза і подальшого його руйнування

Характер зміни рівня звуку підтверджується експериментальними даними і служить основою для визначення аналітичної залежності, графік якої апроксимує наведену на рис. 2 траєкторію звукового рівня. Саме ця аналітична залежність потрібна для прогнозування моменту переходу з ділянки нормальної роботи леза інструменту на ділянку його катастрофічного зношування. Перетин цієї межі на практиці може призвести до появи браку, що є недопустимим.

#### Список література

1. Залога В. О. Зношування і стійкість різальних лезових інструментів: навчальний посібник / Ю. М. Внуков, В. О. Залога. - Суми: Сумський державний університет, 2010. - 243с.

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІБРОСВЕРДЛІННЯ

*Обертюх Р. Р., доцент, Насонов М. В., магістр,  
Слабкий А. В., аспірант, ВНТУ, м. Вінниця*

Під час механічної обробки різанням деяких матеріалів можуть виникати різні труднощі, для подолання яких розробляють нові способи обробки, одним з яких є вібраційне різання. Вібраційне різання може бути використане для обробки титанових, алюмінієвих сплавів, швидкоріжучих сталей, надтвердих композитних матеріалів та інших важкооброблюваних матеріалів [1].

В залежності від частоти вібрації віброрізання умовно поділяють на: низькочастотне (до 200 Гц), високочастотне (200 Гц до 15 000 Гц) та ультразвукове (з частотою 15 000 Гц і вище) [1].

Теоретичним та експериментальним дослідженням процесів вібраційного різання присвячені роботи багатьох дослідників, в яких визначенні переваги вібраційного різання над звичайним які дозволяють покращити ефективність різання важкооброблюваних матеріалів [1, 2, 3].

Пристрої, що забезпечують вібраційне різання, можуть мати різні типи приводів, серед яких найбільш розповсюджені: електромагнітні, електрогідравлічні, гідромеханічні, механічні приводи, електрострикційні або магніострикційні приводи [1].

Для подальшого дослідження в даній роботі розглянутий процес вібраційного свердління, який дозволить подрібнювати отриману стружку, що полегшить її видалення із зони різання. Також запропонована модель механічного пристрою для створення вібрацій під час свердління, яка має просту конструкцію, невеликі габаритні розміри та масу, може використовуватись на стандартизованому обладнанні.

Пристрій для віброрізання (рисунок) складається з корпусу 2, в якому розміщені робочі частини натискного хвостовика 6 та інструментального хвостовика 5.

На торцевій поверхні натискного хвостовика 6 просвердлено визначену кількість глухих отворів під кульки 9 по колу, діаметром  $D_k$  (рисунок, вид А-А). Кульки виходять з натискного хвостовика на відстань  $h$  і опираються у заглибини, виконані на торцевій поверхні інструментального хвостовика (рисунок, вид Б-Б).

Хвостовики взаємодіють між собою через кульки 9 і завдяки прорізній пружині 4, яка діє на натискний хвостовик 6. Попередня деформація прорізної пружини 4 регулюється порожнистим гвинтом 1.

Під час свердління зростає момент різання  $T_{різ}$ , з якого можна визначити крутний момент на патроні  $T_{патр}$ , враховуючи коефіцієнт запасу  $k=1,1..1,2$ . Маючи значення крутного моменту патрону можна отримати значення необхідної сили притискання прорізною пружиною  $F_a$ .

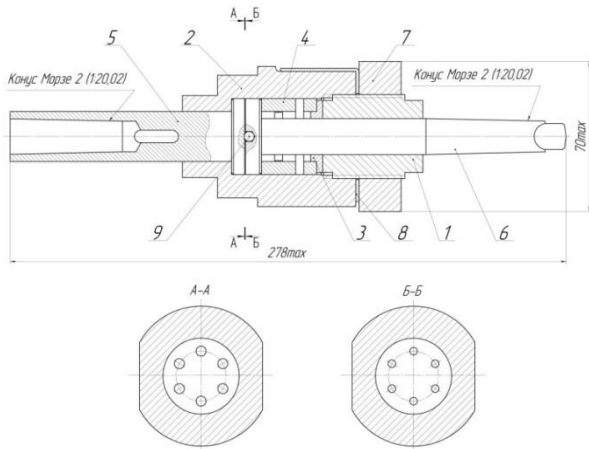


Рисунок – Схема пристрою

Під час зростання моменту різання в результаті зростатиме колова сила  $F_t$  на кульках пристрою. Коли колова сила перевищуватиме силу тертя  $F_f$  між кульками і хвостовиком, створену силою притискання  $F_a$  прорізної пружини, інструментальний хвостовик буде прокочуватись по кульках тим самим зміщуючись по осі на величину амплітуди  $a$ . Часте повторювання цього процесу забезпечує вібраційне свердління.

Параметри пристрою розраховані із таких початкових даних як оброблюваний матеріал, діаметр свердла, амплітуда та діапазон частот вібрації.

Виконано розрахунок режимів різання під час свердління нержавіючої сталі 12X18H10T свердлом діаметром 20 мм. В результаті отримані значення максимального крутного моменту свердла, з якого користуючись залежностями визначається необхідна сила притискання пружини.

Проведений порівняльний розрахунок прорізної пружини та пакету тарілчастих пружин, в результаті якого встановлено, що з міркувань зменшення габаритних розмірів, доцільніше використовувати прорізну пружину, яка має достатню жорсткість, щоб забезпечити постійні імпульсні навантаження.

#### Список літератури

1. Кумабэ Д. Вибрационное резание / Д. Кумабэ. – М.: «Машиностроение», 1985. – 424 с.
2. Рагульська К. М. Вибрационное резание метал лов / Рагульська К. М., Н. И. Ахметшин, Э. М. Гоц, Н. Ф. Родиков. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд.-ние, 1987. - 80 с.
3. Подураев В. Н. Обработка резанием с вибрациями / В. Н. Подураев. - М.: Машиностроение, 1974. – 352 с.

# ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ СПЛАВУ АК5М2 ФРЕЗАМИ ІЗ ТВЕРДОГО СПЛАВУ ВК8

*Попов С. В., доцент, Горюн О. О., студент,  
ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, м. Полтава*

Під визначення оптимальних режимів різання розуміють необхідність досягти при обробці деталі максимальної стійкості різального інструмента при збереженні необхідної продуктивності [1]. Таким чином оптимізація режимів різання зводиться до знаходження функції  $T=f(V,S,t)$ .

При встановленні залежності  $T=f(V,S,t)$  існує два підходи: 1) проведення серії однофакторних експериментів; 2) проведення багатфакторного експерименту з одночасним варіюванням отриманих змінних факторів в прийнятих межах вимірювання. В першому випадку методика встановлення залежності  $T=f(V,S,t)$  зводиться до того, що з аргументів шуканої функції вимірюванню підлягає тільки один, а всі інші підтримуються постійними. До суттєвих недоліків такого шляху встановлення залежностей між стійкістю і основними факторами процесу різання слід відзначити його трудомісткість і ненадійність отриманих результатів для практичного використання. Ненадійність результатів пояснюється тим, що визначена таким чином залежність через неврахування взаємодії між собою досліджуваних факторів легко втрачає свою силу при відхиленні від умов експерименту навіть в межах випробуваних значеннях змінних.

Проведення багатфакторного експерименту з одночасним варіюванням досліджуваних факторів в обраних межах їх вимірювання і визначення залежності  $T=f(V, S, t)$  методами математичного планування експерименту дозволяє зменшити кількість дослідів та підвищити точність визначення даної залежності [2].

Результатом проведення багатфакторного експерименту та розрахунків режимів різання при обробці сплаву АК5М2 фрезами із твердого сплаву ВК8 є математична залежність

$$T = \frac{10^{7,9}}{V^{2,51} \cdot S^{0,51} \cdot t^{0,81}}.$$

Використовуючи дану формулу можна обрати оптимальні параметри різання для забезпечення необхідного періоду стійкості твердосплавних фрез.

## Список літератури

1. Грановский Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. - М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
2. Потапов Б.Ф. Математическое моделирование в машиностроении / Б.Ф. Потапов, А.Ю. Крюков. - Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 322 с.

## КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ПЕРІОДИЧНОЇ СТРУКТУРИ

*Резніченко С. М., аспірант, СумДУ, м. Суми*

Це дуже широкий клас композиційних матеріалів, оскільки сучасні технології їх виготовлення обумовлюють близькість структури композитів до періодичної. Дуже часто сучасні композити мають регулярну або майже регулярну структуру, причому масштаб неоднорідності дуже малий у порівнянні з розмірами тіла в цілому. Як приклад можна привести поширену технологію виготовлення композиту з використанням препреги - тонкого шару волокон або стрічок з паралельних волокон, які просочується полімерною смолою. Періодичність структури відкриває можливість застосування строгих математичних методів і отримання математично обґрунтованих формул. Їх можна використовувати для оцінки напівемпіричних співвідношень, поширених в інженерній практиці розрахунків композитів. Для математичного опису фізичних процесів може використовуватися модель суцільного середовища з періодичною структурою. Така середа складається з періодично повторюваних ідентичних елементів. Її можна побудувати паралельним перенесенням одного елемента - комірки періодичності. Назвемо таке середовище  $Y$ -періодичною. На рис. 1-3 представлені приклади одно-, дво- і тривимірних періодичних середовищ.

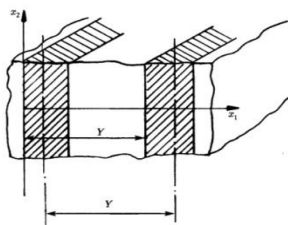


Рисунок 1 - Одновимірна періодична середа – шаруватий композит, що складається з періодично повторюваних шарів

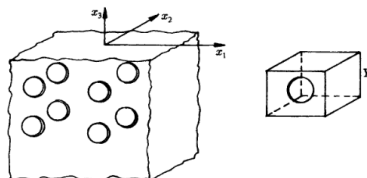


Рисунок 2 - Тривимірна періодична середа - дисперсний композит, однорідна матриця якого містить систему сферичних включень, що утворюють просторову періодичну решітку

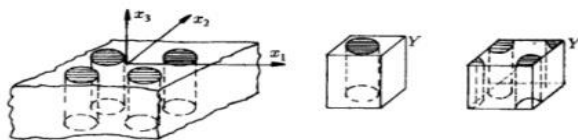


Рисунок 3 - Двовимірна періодична середа - волокнистий односпрямований композит, що представляє собою періодичну систему паралельних циліндричних волокон, занурених в однорідну матрицю

Фізичні поля в періодичній середовищі описуються рівняннями математичної фізики з періодичними коефіцієнтами

$$c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + D, \quad (i = 1, 2, 3), \quad (1)$$

Суттєвою особливістю композитів є те, що характерний розмір комірки періодичності композиту  $a$  багато менше характерного розміру аналізованої завдання  $a$ :  $a \ll a$ . За  $a$  іноді зручно буває прийняти малий безрозмірний параметр ( $a \ll 1$ ), вважаючи, що на одиницю виміру, характерну для конкретного завдання, доводиться  $1/a$  осередків періодичності. При переміщеннях точки на малі відстані порядку  $a$  функції  $c$  і  $\lambda$ , що описують фізичні властивості композиту, відчувають суттєві зміни, оскільки властивості матриці і включення різко відрізняються один від одного. Ці періодичні функції називають швидко осцилюючими. Через це чисельні методи сіток або кінцевих елементів виявляються практично неприйнятними для розв'язання рівнянь з швидко осцилюючими коефіцієнтами. Для побудови чисельних рішень, довелося б будувати сітки з осередками, розміри яких малі порівняно з малими осередками періодичності композиту. В окремих випадках періодичні задачі можуть успішно вирішуватися методами теорії функцій комплексного змінного. Однак, основний розвиток математичного моделювання фізичних процесів у періодичних середовищах пов'язаний з теорією асимптотичного осереднення при  $a \rightarrow 0$ . Основи цієї теорії створені в роботах Н.С. Бахвалова і Г.П. Панасенко, Е. Санчес-Паленсії, Б.Є. Победри та інших авторів. В ході асимптотичного аналізу рівняння (1) з швидко осцилюючими коефіцієнтами перетвориться в осереднене рівняння (2) з усередненими (ефективними)

$$\hat{c} \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_{ij} \frac{\partial^2 T}{\partial x_i \partial x_j} + D \quad (2)$$

коефіцієнтами  $\hat{c}$ ,  $\lambda_{ij}$ , які представляють собою постійні величини або повільно змінюються функції координат. Рішення усередненого рівняння  $T_e$  виявляється близьким до вирішення  $T$  вихідного рівняння. У багатьох випадках їх різниця має той же порядок, що і відносний розмір комірки періодичності  $a$ . Результати, отримані асимптотическим методом, можуть служити математичним обґрунтуванням гіпотези еквівалентної гомогенності. Ефективні постійні обчислюються в результаті рішення спеціального локального завдання для одного осередку періодичності.



## МОНИТОРИНГ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ О ДИНАМИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*Сироткин А. А., студент, Гонщик А. В., аспирант,  
Зинченко Р. Н., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Получение количественной оценки износа режущего инструмента (РИ) во времени становится все более важным на пути повышения качества и эффективности механической обработки. Исследования по созданию систем диагностики состояния РИ играют большую роль для задачи повышения срока эксплуатации станочного оборудования и уменьшения стоимости обработки.

На сегодняшний день существуют два метода диагностики состояния РИ: прямой и непрямой. Прямые методы осуществляются посредством использования оптических устройств для измерения геометрических параметров зоны износа. Они могут точно установить износ инструмента, но являются сложными для онлайн мониторинга. Непрямые методы основаны на получении информации о переменных процесса (изменении размеров заготовки, поверхностной шероховатости, силы резания, температуры, вибрации, тока и мощности двигателя, акустического излучения и др.) и установлении взаимосвязи между износом РИ и этими показателями.

Среди всех сигналов сопутствующих процесс обработки, вибрация предоставляет наилучшую информацию о состоянии РИ. Однако СД основанные на регистрации вибрации не часто используются в системах диагностики вследствие того, что данный сигнал включает не только информацию о вибрации РИ, а и информацию о вибрации всех элементов ТС (шпиндель, коробка скоростей, коробка подач и др.). Преимущества измерения вибрации включают в себя простоту реализации и отсутствие необходимости модификации станка. К недостаткам можно отнести зависимость диагностического сигнала от материала заготовки, режимов резания, станка и др.

Обзор литературы показал, что за последнее десятилетие было опубликовано большое количество работ по вопросу диагностики состояния РИ с использованием данных о вибрации. Авторами этих работ являются: В.В. Нагорный, В.А. Залого, Г.А.Оборский (Украина); В.В. Постнов (Россия); K. Jemielniak (Польша); A. Antic, M. Zeljkovic (Сербия); A. Gajate, R.E. Haber, A.J. Vallejo, J.R. Alique (Испания); A.D. Hope, G.A. King (Великобритания); W.Y. Ni, Y.X. Liu (США); S. Tangjitsitcharoen, C. Rungruang (Таиланд); D. Li, H. Gao, P. Fu (Китай); V.S. Sharma, S.K. Sharma (Индия); K. Mitsui, H. Aoyama (Япония); M. Mahardika, Z. Taha (Малайзия); D. Suharto (Индонезия) и др. Таким образом, использование динамических характеристик технологической системы для диагностики состояния РИ является актуальной научно-практической задачей.

## СИНТЕЗ ПРИВОДУ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА НА ОСНОВІ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

*Таран О. А., студентка, Лагута Г. Г., доцент, СумДУ, м. Суми*

Привід головного руху верстата призначений для забезпечення ряду частот обертання, що дозволяє здійснити обробку з оптимальними швидкостями різання. Важливий аспект розроблення приводу верстата полягає у забезпеченні його мінімальних габаритів.

Відома методика розрахунку коробки швидкостей верстата, де, як параметри, використовують: найменше передатне відношення  $i_{\min}$ ; знаменник геометричного ряду частот обертання  $\varphi$ ; діаметр найменшого зубчастого колеса  $d_{\min}$ . Методика передбачає алгебраїчні розрахунки. Її використання ускладнене, якщо число зубчастих коліс – значне.

У доповіді розглянута методика розрахунку вихідних частот обертання і розмірів зубчастих коліс приводу верстата, що забезпечує мінімум габаритів. При проектуванні приводу верстата необхідно забезпечити розміри зубчастих коліс у певних межах. Окрім того, необхідно, щоб зубчасті колеса мали мінімально можливий діаметр. Для досягнення цієї мети синтез конструкції приводу верстата можна розглядати як задачу оптимізації, розв'язання якої спрямоване на виконання сформульованих вище конструктивних вимог. Стратегія оптимізації полягає у пошуку мінімуму суми діаметрів зв'язаних зубчастих коліс. Діаметр найменшого зубчастого колеса  $d_{\min}$  приймають, виходячи з можливості спільного компоновання цього зубчастого колеса і електромагнітної муфти.

Оптимальні відносні розміри зубчастих коліс не гарантують регламентовану точність кінематичного розрахунку приводу верстата в цілому. Тому як обмеження при розв'язанні задачі синтеза конструкції приводу верстата додатково визначені умови, що забезпечують прийнятні фактичні значення передатних відношень передач.

Розв'язання задачі оптимального проектування приводу верстата здійснено шляхом застосування надбудови «Поиск решения» пакету Microsoft Excel.

Результати кінематичного розрахунку приводу верстата дозволяють здійснити, зокрема, розрахунок на міцність його зубчастих передач. На основі ГОСТ 21354 запропонована адаптована методика розрахунку зубчастих передач, яка дійсно враховує механізм виходу з ладу зубчастої передачі, на відміну від відомих методик, що наведені в навчальній літературі.

Запропонована методика синтеза конструкції приводу верстата може бути використана в курсовому та дипломному проектуванні, з метою забезпечення оптимальних габаритів приводів верстатів.

# DAS METHODE ZUR ERMITTLUNG DES VERSCHLEISSES DER SCHNEIDEKLINGE

*Olga Zaloga, phd student, SumSU, Sumy, Murat Ocak, student, IFW Uni Stuttgart*

Die Forschungen beweisen, dass der wichtige Indikator von der Werkzeugverschleiß die Änderung von dem Abrundungsradius der Schneidkante ist. Dieser Radius kann sich in der großen Umfang ändern, aber wegen seiner geringen Größe ist es schwierig den genau zu vermessen. Heutzutage, in der Zeit intensiver Auftreten des neuer Schneidstoffe und der neue Formen der Instrumente, es ist wichtig Fähigkeit des Werkzeugverschleiß vorherzusagen. Es gibt viele Möglichkeiten um eine Verschleißteile mit der Hilfe von analytischen und mathematischen Modellen und experimentellen Methoden vorzusagen. Für die experimentelle Bestimmung der Verschleiß der Schneide schlägt man die folgende Methode vor. Man zeichnet das Drehen des Wellenendes mit einer gegebenen Schnittgeschwindigkeit und mit dem Vorschub. Nachdem alle 3 Sekunden wird der Schneidvorgang angehalten. Es wird die Formänderung der Hauptschneiden in drei Dimensionen mit dem Interferometers fotografiert und gemessen. Für die weitere informative wird ein Profil der Schneidkante in den drei Abschnitten registriert, dessen Position ändert sich nicht in jedem Experiment. Der Radius der Abrundung des Kantes wird in diesen Abschnitten gemessen.

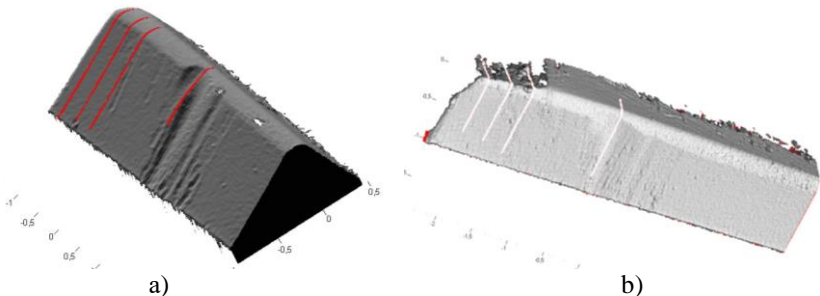


Bild 1 - Die Foto des Schneider, machende mit Interferometer (a – neue, b – nach 63sek)

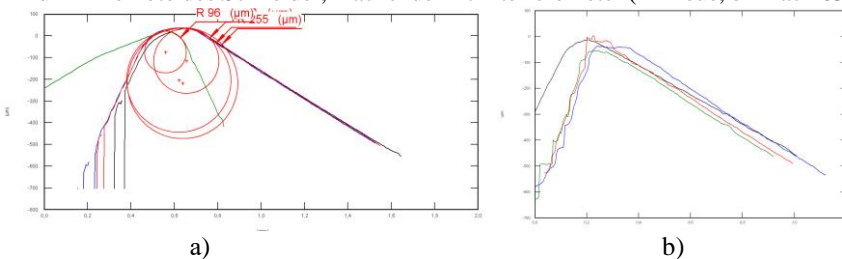


Bild 2 - Ein Profil der Schneidkante in den drei Abschnitten (a – neue, b – nach 63sek)

*Робота виконана под руководством доцента Криворучко Д.В.*

## ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КАНАВКОВИХ ТА ВІДРІЗНИХ РІЗЦІВ

*Залога В. О., професор, Чертіхін О. В., аспірант, СумДУ, м. Суми*

Сталою тенденцією сучасного машинобудування є безперервне підвищення його продуктивності і якості продукції, що випускається.

Це визначає необхідність пошуку шляхів удосконалення технології токарних операцій. Одними з таких токарних операцій, які потребують удосконалення є процеси відрізання та формування на оброблювальних деталях різного роду канавок як на циліндричних, так і на торцевих поверхнях, у т.ч. під різними кутами відносно осі оброблювальної деталі.

Ці процеси характеризуються, як правило, низькою стійкістю різального інструменту, низькою надійністю процесу формоутворення, незадовільним стружковідведенням, незадовільним динамічним станом технологічної системи тощо.

Основними причинами такого стану є майже повна відсутність методів:

- оптимізації цих процесів шляхом розроблення відповідної моделі стружоутворення при роботі канавочними та відрізними різцями;
- забезпечення динамічної сталості системи «деталь-інструмент»;
- оптимізації режимів різання при обробці.

Підвищення продуктивності та ефективності точіння канавок або відрізання можливе за рахунок удосконалення інструменту шляхом оптимізації геометричних параметрів його різальної частини (леза), застосування нових інструментальних матеріалів і зносостійких покриттів, а також вдосконалення конструкції державок, спрямованого на підвищення їх жорсткості, точності та демпфуючої здібності.

# **СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ В ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБЛАСНОЇ ЦІЛЬОВОЇ ПРОГРАМИ  
ПІДТРИМКИ МІСЦЕВИХ ТОВАРОВИРОБНИКІВ  
«ЗРОБЛЕНО НА СУМЩИНІ»

*Бобров О. О., студент, Заїка С. А., студент,  
Хярем В. М., аспірант, СумДУ, м. Суми*

Для підвищення конкурентоспроможності товарів, що виготовляються на теренах Сумського регіону за ініціативою управління агропромислового розвитку Сумської обласної державної адміністрації, громадської ради при обласній державній адміністрації та на виконання розпорядження голови Сумської обласної державної адміністрації від 07 лютого 2011 року за № 63 розроблено концептуальні засади Обласної цільової програми підтримки місцевих товаровиробників «Зроблено на Сумщині».

Метою програми є об'єднання дій місцевої влади, суб'єктів виробництва товарів та послуг ринкової інфраструктури, громадських організацій та самих споживачів на створення сприятливих умов для задоволення потреб населення області у товарах та продукції належної якості і за доступними цінами задля підтримки місцевого товаровиробника.

Пріоритетними завданнями програми є: 1) розробка рекомендацій щодо підтримки місцевих товаровиробників за наступними напрямками: нові підприємства, розширення діючих підприємств; 2) збільшення обсягів виробництва товарів, продукції і послуг місцевих виробників шляхом створення нових підприємств, розширення ринків збуту, розвитку фірмової мережі; 3) інформаційна підтримка місцевих товаровиробників; 4) аналіз можливостей запровадження пільг по місцевим податкам та зборам для місцевих товаровиробників відповідно до вимог чинного законодавства за створення нових робочих місць та випуск соціальної продукції; 5) створення рівних умов доступу до торгівельних мереж для місцевих товаровиробників, контроль за дотриманням законодавства підприємствами торгівлі.

В роботі запропоновано нормативне забезпечення проведення заходів з реалізації цієї програми, що включає «Положення щодо проведення Обласної цільової програми підтримки місцевих товаровиробників «Зроблено на Сумщині», в основу якого покладено методика щодо проведення оцінювання рейтингу учасників обласної програми.

Це дозволить провести дослідження виробництва та споживання продукції місцевих товаровиробників, надання послуг, консультацій із встановлення економічних взаємовідносин між товаровиробниками, підприємствами торгівлі області та органами влади; забезпечити інформаційне обзнаність місцевих товаровиробників; наростити обсяги виробництва продукції місцевих виробників; вивчити споживчий попит та визначити соціальні потреби населення у товарах виробництва місцевих товаровиробників; підвищити якість продукції місцевих товаровиробників та популяризацію їх товарів.

## ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ ВИДАНЬ

*Алексєєв О. М., доцент, Буравкова О. О., студентка, СумДУ, м. Суми*

Один з можливих підходів оцінювання якості електронних навчальних є спосіб за статистикою успішності навчання, який полягає в зіставленні результатів, досягнутих студентами при різних варіантах побудови навчального процесу. Порівнюючи отримані при тестуванні дані можна судити про наявність неприпустимих відхилень і необхідності коректувальної роботи або, навпаки, зробити висновок про оптимальність вибраних педагогічних засобів і методів навчання. При цьому найбільш зручний порівняльний аналіз, що дозволяє порівнювати результати, досягнуті студентами при взаємодії з конкретним викладачем, консультантом, інструктором або при використанні певного інструментарію.

На основі зіставлення ухвалюються управлінські рішення, направлені на корекцію освітнього процесу. Такий підхід часто природний і не вимагає проведення спеціальних вимірювань, оскільки оцінка успішності навчання завжди міститься в статистиці успішності студентів за певний період. Зіставивши результати можна зробити висновок, до яких підсумків привело реалізоване нововведення – якщо успішність підвищилася, то результати позитивні і новий варіант слід прийняти, якщо успішність погіршала, то результати негативні і від змін слід відмовитися.

Проте, при всій простоті, що здається, спосіб оцінки якості засобів методичного забезпечення дистанційного навчального процесу за статистикою успішності знаходить обмежене застосування. Це пов'язано з тим, що навчальний процес є багатокритерійним, на його кінцевий результат одночасно впливає велике число чинників і тому складно виділити, який з них домінував і привів до зафіксованої зміни успішності. Крім того, до навчання кожного разу допускається нова група студентів і тому неможливо точно повторити умови, в яких проводилися вимірювання. Ще один недолік пов'язаний з тим що, навіть фіксуєючи факт, що успішність покращала, наприклад, через редагування якого-небудь розділу електронного підручника неможливо встановити зміну яких властивостей даного розділу забезпечило такий результат.

У зв'язку з цим було поставлено завдання, на додаток до існуючих методів визначення характеристик якості дистанційного навчального процесу запропонувати спосіб вимірювання, заснований на встановленні і подальшому узагальненні диференційованих показників якості.

Вирішити проблему вимірювання якості методичного забезпечення дистанційного навчального процесу значною мірою дозволяє розосереджена експертна система. Така система в першу чергу орієнтована на управління

якістю електронного підручника, але з невеликими змінами може бути адаптована і для оцінки якості решти інструментів освітньої системи.

Мета розподіленої експертної системи полягає у виявленні тих умов функціонального і технічного характеру, дотримання яких сприяло б розширенню переваг і зниженню недоліків електронних підручників і як наслідок до найбільш ефективного їх використання. При цьому до функціональних слід віднести умови, що визначають відповідність електронного підручника його головному призначенню, - формуванню у студентів необхідних знань і навиків.

Функціональні умови оцінюються показниками якості змісту освіти. Найбільш загальними з них є доступність викладу навчального матеріалу, повнота викладу для всебічного розгляду предмету вивчення, відсутність зайвої деталізації, можливість самоконтролю, наочність, логічність, типовість навчального матеріалу. Для опису рівня технічних умов використовують показники якості технології навчання - особливості дизайну, зручність інтерфейсу, час на пошук та ін.

Заповнені анкети передаються за допомогою електронної пошти і поступають в базу приватних оцінок якості, де накопичуються у вигляді масивів оцінок окремо по кожному з параметрів якості. У міру накопичення анкет або по закінченню певного періоду часу, наприклад в кінці кожного семестру, проводиться дослідження змін параметрів якості підручника за наслідками висловів студентів.

Дослідження виконується по двох вибірках оцінок якості, отриманих при вимірюванні кожного з приватних показників до і після внесення змін до відповідного розділу електронного підручника. За наслідками статистичного аналізу визначаються параметри фактичних розподілів кожної з вибірок, порівнюються розраховані параметри розподілів і робляться висновки про достовірність впливу виконаного редагування підручника на оцінку якості, дану студентами:

Оцінювання якості електронного підручника з використанням розосередженої експертної системи, а також розповсюдження її процедур на весь комплекс навчально-методичних засобів дистанційного навчання дає можливість диференційовано підходити до управління якістю дистанційного навчального процесу. Перспективним завданням дослідження є уточнення приватних критеріїв якості і розробка рекомендацій по їх застосуванню до оцінки конкретних засобів методичного забезпечення. Крім того, вимагає подальшого дослідження питання про вироблення узагальнених показників якості на основі диференційованих критеріїв.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ФАХІВЦЯ

*Бятова Н. О., аспірант, Залога В. О., професор,  
Івченко О. В., доцент, СумДУ, м. Суми*

На теперішній час, розвиток становлення української держави залежить від підготовки висококваліфікованого персоналу в різних сферах економіки. Основним завданням нашої держави є прагнення до інтеграції в європейський освітній простір, в центрі уваги якого перебуває концепція якості системи вищої освіти. Одним з шляхів становлення України, як держави – лідера, є вирішення науково-практичної проблеми з підготовки в умовах швидкозмінних вимог сьогодення якісних висококваліфікованих інженерних кадрів. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є розробка рекомендацій щодо моделювання професійної та соціальної діяльності фахівців – розробка моделі фахівця, відповідно до якої повинна бути організована діяльність ВНЗ, щодо його підготовки. Метою роботи є встановлення основних складових, що входять до моделі фахівця на основі проведення досліджень різних наукових підходів щодо розробки моделі фахівця.

В якості поняття «модель фахівця» розуміється опис того, до чого має бути придатний фахівець, тобто до виконання яких функцій він повинен бути підготовлений та які якості повинен мати. Виходячи з цього поняття, модель фахівця виступає, як певний перелік всіх тих вимог, які висуває практика до випускника вузу з інженерної спеціальності. Така модель безпосередньо впливає на структуру навчального процесу та на процеси управління якістю навчального процесу при підготовці конкурентоспроможних випускників вузу.

В ході проведених досліджень встановлено, що модель фахівця можна представити трьома окремими моделями (підмоделями), взаємодоповнюючих одна одну: модель діяльності фахівця, модель особистості фахівця, модель підготовки фахівця. Визначено фактори що впливають на кожен з них: ринок праці (запити роботодавців), вимоги до кваліфікації (на нормативному рівні), прогноз на майбутнє (зона найближчого розвитку кваліфікації), можливості освітньої установи (наявність необхідної технічної бази і педагогічних кадрів), фактори зовнішнього середовища (економічні, соціальні, політичні, культурні, технологічні). Під впливом саме цих факторів формуються основні складові моделі фахівця: знання, уміння, навички та детальний опис усіх особистісних якостей спеціаліста, які необхідні для вирішення складних професійних завдань в реальних економічних, екологічних і соціокультурних умовах.

Встановлено, що для здійснення високоякісної підготовки фахівців в сучасних умовах необхідно використовувати інструментарій моделювання його професійної, соціальної та особистої діяльності. На основі експертних оцінок запропонована система факторів, що впливають на моделі фахівця та встановлено ступень їх впливу при реалізації моделювання конкретної діяльності фахівця.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ МОЛОКА ТА МОЛОКОПРОДУКТІВ В УКРАЇНІ

*Васильєв Я. О., студент, СумДУ, м. Суми*

Необхідність адаптації молочного ринку України до вимог Європейського Союзу (далі ЄС) виникла не сьогодні і обумовлена попередніми кроками України на шляху до євроінтеграції. Враховуючи важливість молочного сектору для національної економіки та його експортний потенціал, адаптації національного законодавства у сфері виробництва молока і молокопродуктів до вимог ЄС в українському суспільстві приділяється сьогодні велика увага.

Не зважаючи на те, що проблеми адаптації молочного ринку до європейських стандартів зачіпають інтереси багатьох суб'єктів, найбільшу вагу в такій ситуації має позиція виробників молока і молокопродуктів, на виробничій діяльності яких будь-які зміни позначаються у першу чергу. У зв'язку з цим з-поміж усіх аспектів впровадження європейських стандартів треба виділити ті, що безпосередньо зачіпають інтереси виробників.

Перша група проблем пов'язана із додержанням передбачених законодавством ЄС санітарно-гігієнічних вимог щодо виробництва молочної сировини. Гігієнічні вимоги до установ виробництва молока, відповідно до положень Регламентом (ЄС) № 853/2004 Європейського Парламенту і Ради від 29 квітня 2004 року включають вимоги до гігієни установ виробництва молока, у тому числі до приміщень і обладнання, гігієни під час доїння, збору і транспортування та гігієни персоналу.

Друга група проблем пов'язана із необхідністю узгодження національних критеріїв безпечності і якості молочної сировини. Крім того, потребує коригування перелік антибіотиків, щодо яких встановлено рівні їх максимального вмісту у молоці. Якщо відповідно до вимог ЄС визначено 68 видів таких фармакологічних речовин, то у ДСТУ 3662 та чинних медично-біологічних вимогах і санітарних нормах якості харчової сировини і продуктів харчування, затверджених ще у 1989 році, їх три. Не відповідають європейським стандартам і національні вимоги щодо вмісту свинцю, які в п'ять разів перевищують європейські.

Отже, першочерговим кроком адаптації національного законодавства до вимог щодо безпечності та якості молочної сировини має бути затвердження нового стандарту, який включав би відповідні положення європейських правових актів.

Третя група проблем пов'язана з відшкодуванням витрат на здійснення офіційних заходів контролю. Згідно з Регламентом Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 882/2004 державам-членам дозволяється збирати внески, щоб покрити витрати через офіційні заходи контролю з виробників, інших відповідних підприємств та їх представників. Мінімальні ставки для

внесків, що застосовуються до виробництва молока складають: 1 євро за 30 тон, та 0,5 євро за кожну наступну тону. Якщо виявлення невідповідності призводить до офіційних заходів контролю, що перевищують звичайну діяльність з контролю компетентного органу, здійснюється відшкодування таких додаткових витрат виробником, власником чи утримувачем товару. Це положення не узгоджується із ст.14 Закону України «Про молоко та молочні продукти», відповідно до якої забороняється стягнення плати з виробників молока, молочної сировини та молочних продуктів за проведення перевірок органами державного контролю. Отже, у разі імплементації положень Регламенту № 882/2004 необхідним є відповідне редагування вказаного Закону.

На цьому перелік положень національних нормативно-правових актів, які не відповідають вимогам законодавства ЄС, не закінчується, однак вони більшою мірою стосуються процедур державного контролю за якістю і безпечністю молока та молочної сировини.

Отже, адаптація національного ринку молока та молокопродуктів до вимог Європейського Союзу в аспекті діяльності виробників молочної продукції потребує внесення суттєвих змін до ветеринарно-санітарних вимог та державних стандартів, якими регулюється якість та безпечність молока і молочної сировини, а також вимоги до їх вироблення.

Правове підґрунтя адаптації національного ринку молока і молокопродуктів до вимог, які існують в Європейському Союзі, було закладено ще в Угоді про партнерство і співробітництво, яка започаткувала партнерство між Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами та Україною. Одна з цілей такого співробітництва була визначена як розвиток внутрішнього та зовнішнього ринків для українських товарів за умов, які забезпечують посилення безпеки в постачанні продуктів харчування, а також поступове наближення українських стандартів до технічних правил Співтовариства стосовно промислових і сільськогосподарських продуктів харчування. Вказана мета згодом знайшла свій розвиток у Плані дій «Україна - Європейський Союз», який передбачав проведення порівняльного аналізу та розроблення заходів щодо гармонізації законодавства у сфері гігієни продуктів харчування та наближення до законодавства ЄС у сфері відстеження харчового ланцюга «від лану до столу», імплементацію системи Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) на підприємствах та в органах контролю.

У 2004 році у Загальнодержавній програмі адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу до пріоритетних сфер адаптації були віднесені у тому числі охорона здоров'я та життя людей, тварин і рослин; докільця та захист прав споживачів, які безпосередньо пов'язані із безпечністю та якістю молока та молокопродуктів.

*Робота виконана під керівництвом доцента Івченко О. В.*

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА МЕТОДАМИ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Дудукалов Ю. В., доцент, ХНАДУ, г. Харьков*

Для решения проблем надежности средств транспорта при их техническом обслуживании и ремонте (ТОиР) необходимо построение организационной схемы функционирования предприятий ТОиР выполнять с учетом внедрения CALS-технологий, как информационной основы управления качеством продукции.

При системной интеграции бизнес-процессы на предприятиях ТОиР могут быть представлены как совокупность взаимодействующих составляющих, каждая из которых связана с качеством ТОиР средств транспорта. Декомпозиция этой совокупности может выглядеть таким образом:

1) технологические процессы, связанные непосредственно с выполнением ремонтно-обслуживающих работ, включая механическую обработку деталей, разборочные и сборочные операции, нанесения покрытий, дефектацию, диагностику технического состояния объектов ТОиР и т.д.;

2) процессы информационного обеспечения технологической подготовки процессов ремонтного производства, связанные с проектированием технологических процессов;

3) информационные процессы, связанные с заказчиками, определяющими уровень предоставляемых услуг ТОиР на рынке, конкурентоспособность предприятий ТОиР;

4) процессы управления персоналом, его подготовкой и обучением, подбор работающих на предприятии;

5) процессы обеспечения ресурсами, материального и энергетического снабжения, поставка запасных частей, расходных материалов, договорная работа с поставщиками, организация фирменного ремонта;

6) процессы обеспечения работы оборудования ТОиР, его механизация и автоматизация;

7) информационные процессы, обеспечивающие анализ уровня удовлетворенности потребительского спроса;

8) процессы формирования стратегии развития предприятия, управления качеством ТОиР.

Каждый процесс характеризуется триадой основного (функционально обусловленного), управляющего и вспомогательного циклов. Управляющие циклы также формируются триадами основного управляющего, управления управляющим циклом и вспомогательного для цикла управления [1]. Следовательно, эффективное управление предприятием ТОиР представляет собой интеллектуальную управляющую систему, обладающую свойствами прогнозирования, аналитической обработки данных (OLAP-системы), либо с

возможностями принятия решений (DSS-системы) и интеллектуального анализа.

При моделировании сложных систем, к которым относятся производственные системы ТООР, для описания технического состояния объектов производства обычно применяются методы теории надежности. Возможности таких методов ограничены требованиями статистической обработки данных, традиционно применяемыми количественными оценками случайных факторов и т.д. Для решения задач управления на предприятиях ТООР требуется универсальный аппарат, который обладает широким спектром возможностей по идентификации технического состояния объекта ТООР и на основе которого можно генерировать эффективные алгоритмы функционирования для обеспечения качества продукции предприятия.

Анализ методов нечеткого моделирования показал, что для идентификации объекта ТООР, с показателями технического состояния  $xd_j, j = \overline{1, m}$ , следует использовать нечеткую модель с  $m$  входами и одним выходом (MISO-систему):

$R_i^0$ : если  $xd_1$  есть  $XD_{i1}^0$  и  $xd_2$  есть  $XD_{i2}^0$  и ... и  $xd_m$  есть  $XD_{im}^0$ , то  $y_i$  есть  $Y_i^0$ ,

где  $\theta = \overline{1, q}, i = \overline{1, n}$ .

Нечеткая модель позволяет по заданному входному вектору  $XD$  рассчитать соответствующий выход – интегральный показатель качества ТООР. Механизм вывода представляет собой процесс решения системы продукционных правил (1), в результате которого определяется значение выходной переменной  $\hat{y}_i$  при известных значениях  $XD$ .

Следовательно, нечеткая модель представляет собой совокупность механизма вывода и продукционных правил, в правых частях которых могут быть нечеткие множества (модель Мамдани). Нечеткая модель состоит из следующих основных элементов: блок фаззификации, блок нечеткого логического вывода, блок дефаззификации.

Таким образом, предлагаемый метод нечеткого моделирования позволяет анализировать полное множество показателей технического состояния объектов ТООР, включая такие, которые описываются лингвистическими переменными. Полученные нечеткие модели могут быть использованы в интеллектуальных системах управления, обеспечивая прогнозирование эффективности процессов ТООР и контроля качества согласно стандартам ISO 9000:2000.

#### Список литературы

1. Системно-процессное моделирование технических систем в CALS-технологиях / Тернюк Н. Э., Дудукалов Ю. В., Федченко В. В., Гладкая Н. Н. // Сборник научных трудов «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии», Харьков: 2011. - Вып. 49. - с. 124 – 133.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ВИТРАТ НА ЯКІСТЬ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

*Залога В. О., професор, Івченко О. В., доцент,  
Погоржельська Ю. О., асистент, Садовничий О. О., студент, СумДУ, м. Суми*

Одним із чинників розвитку Української держави є забезпечення конкурентоздатності підприємств машинобудівної галузі, що неможливо здійснити без якісної інструментальної підготовки виробництва (ІПВ). За даними провідних вчених розвинутих країн машинобудівні підприємства на організацію та діяльність з ІПВ витрачають від 7 до 25 % своїх оборотних коштів. Це свідчить про потужні потенційні можливості щодо зниження собівартості продукції машинобудування при гарантійному забезпеченні нормованих показників її якості. Таким чином, управління витратами на якість ІПВ є одним із інструментів, що дозволяє приймати раціональні управлінські рішення в залежності від конкретних виробничих умов рішення.

Класифікація витрат на якість процесів ІПВ є одним із найважливіших етапів проектування інформаційної системи управління якістю процесів ІПВ.

Використання системи класифікації витрат дозволяє аналізувати й прогнозувати показники не лише в цілому по ІПВ, але й по окремих її процесах. Чіткий та повний зміст класифікації забезпечує основу аналізу та моделювання інформаційних потоків ІПВ, що є дієвим інструментом з реалізації циклу Джурана-Демінга «плануй→виконуй→перевірй→дій».

Витрати на якість, у т.ч. на якість процесів ІПВ, виступають як внутрішня економічна основа системи якості, що дозволяє визначити наслідки, в першу чергу економічні, будь-яких управлінських рішень, що приймаються в ній. Забезпечується це шляхом проведення діяльності з організації обліку, аналізу й прогнозування витрат на якість відповідно до системи їх класифікації. При розробці класифікації витрат на процеси ІПВ були враховані такі вимоги: забезпечення повноти обсягу витрат; не перетинання виділених груп витрат; можливість включення нових груп витрат; лаконічність, чіткість та ясність класифікаційних ознак; незмінність прийнятої класифікаційної ознаки на всіх рівнях класифікації.

З метою визначення вихідного масиву класифікаційних ознак був проведений аналіз вітчизняних та світових систем класифікації витрат. У теперішні час вже існує цілий ряд класифікацій витрат на якість, у т.ч.: за цільовим призначенням, за видом, за можливістю обліку, за стадіями життєвого циклу продукції тощо. Разом з тим, ІПВ вітчизняного машинобудівного підприємства має дуже специфічну особливість, яка полягає в тому, що вона охоплює майже всі сфери діяльності підприємства та є «виробництвом у виробництві». Тому витрати на якість процесів ІПВ включають витрати як на виробничі процеси виготовлення інструменту й оснащення, так і витрати на процеси, що відбуваються на рівні управління нею.

Таким чином, всі класифікаційні ознаки витрат на процеси ІПВ можна віднести до двох основних груп: витрати на забезпечення якості та витрати на управління якістю. Для проектування такої класифікації було запропоновано використовувати метод експертних оцінок. Дослідження показали, що цей метод є одним з найефективніших при перекладі матричної форми показників в нематричну. Тому запропонований метод набуває ролі з'єднуючої ланки між умовами реального процесу ІПВ та оптимальною системою класифікації витрат. Розробка класифікації цим методом складається з двох основних етапів:

- на першому етапі проводиться вибір оптимальної множини найменувань ознак  $X$ ,
- на другому – множини числових значень  $x$  кожної ознаки.

Проведення експертизи ставить на меті визначення результируючих оцінок по кожній досліджуваній ознаці й об'єднання ознак за цими оцінками та являє собою процес, що складається з етапів:

- формування множини всіх альтернативних класифікаційних ознак (витрат), які можуть бути включені у класифікацію;
- формування множини критеріїв корисності класифікаційної системи;
- визначення кількісного та якісного складу експертної групи;
- визначення форми проведення експертизи;
- проведення експертизи, отримання експертних оцінок;
- отримання результатів та формування множин ознак класифікації.

Результатом використання методу експертних оцінок стала класифікація витрат, фрагмент якої показаний на рисунку.



Рисунок – Фрагмент класифікації витрат на якість процесів ІПВ.

Таким чином, була розроблена методика проектування класифікації витрат на якість ІПВ, що може бути використана для раціоналізації діяльності з ІПВ різних машинобудівних підприємств. Розроблена класифікація витрат на якість дозволяє підвищити ефективність функціонування інформаційної системи управління якістю ІПВ.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРСОНАЛА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

*Крючкова Е. Н., студентка, СумГУ, г. Сумы*

Постоянное развитие на протяжении длительного периода экономики Японии побудило ученых и практиков разных стран внимательно изучать механизмы и факторы, которые обеспечивают высокую эффективность производства в этой стране. Анализ показал, что в центре этой концепции управления находится человек, который рассматривается как наивысшая ценность для фирмы. Исходя из этой концепции все системы управления нацелены на пробуждение разнообразных способностей работников с тем, чтобы они были в максимальной степени использованы в процессе производства, а человек стремился к процветанию организации, в которой работает.

В последнее время в США и европейских странах с учетом японского опыта разработаны различные модели управления, в центре внимания которых находится человек. Как правило, такие модели содержат следующие блоки: 1) персонал организации; 2) тщательный учет знаний и способностей работников при назначении их на ключевые должности в фирме; 3) стиль и культура деловых взаимоотношений в данной организации; 4) долгосрочные цели развития фирмы.

Стратегические концепции управления кадрами в промышленно развитых странах рассматривают работников как решающий фактор сохранения конкурентоспособности и нацелены на подготовку кадров в соответствии с изменяющимися требованиями рынка и с учетом введения новых технологий. По мнению многих зарубежных исследователей, главными моментами в работе с персоналом должны стать: 1) ресурсная ориентация, т.е. использование индивидуальных способностей работников в соответствии со стратегическими целями организации (в первую очередь для овладения новыми технологиями); 2) интеграция стремлений, потребностей и запросов работников с интересами организации.

Таким образом, при разработке концепций управления персоналом необходимо проводить различные текущие и ретроспективные исследования. В качестве главных направлений, на наш взгляд, является использования моделирования профессиональной деятельности персонала при управлении им в организации. Это позволит учесть такие случайные факторы как: смены научно-технических концепций и спроса на рынке готовой продукции; новые направления управления персоналом в многонациональных компаниях; усиление информационной поддержки принятия решений; новые методы материального стимулирования высококвалифицированных работников и т.д.

*Работа выполнена под руководством доцента Ивченко А. В.*



## ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

*Красноусов М. М., студент, СумДУ, м. Суми*

Перш ніж почати збирати дані, необхідно вирішити, які дані потрібні та визначити методи їх збирання. Необхідно ретельно продумати й впровадити такі способи збирання даних, які б не були дуже трудомісткими та давали б змогу отримати необхідну, вірогідну та важливу інформацію.

Згідно з ДСТУ ISO 10013 форма - це «документ, який використовують для реєстрування даних, що їх вимагає система управління якістю (СУЯ). Форма стає протоколом після внесення даних».

Створення форм подання інформації спрощує реєстрування даних, ведення протоколів, оброблення даних дає можливість усунути дублювання інформації, а також забезпечити однозначну ідентифікацію протоколів (журналів, актів, протоколів випробувань, реєстрів тощо) у межах усієї організації.

Під час розроблення форм протоколів треба визначити дані, що їх будуть реєструвати в протоколі, та узгодити з користувачами форму подання цих даних.

Наприклад, якщо під час вхідного контролювання матеріалів потрібно реєструвати значення величин за кожним показником, що підлягає контролю, то для оцінювання постачальників дані про результати вхідного контролю можна подати більш узагальнено - продукція відповідає встановленим вимогам чи не відповідає.

Наочне подання поточних результатів в «реальному часі», наприклад, за допомогою контрольних карт, дає основу для прийняття своєчасних оперативних контрольних дій. Форми протоколів треба затверджувати й переглядати за потреби. Розробник форми протоколу та/чи керівник процесу повинен визначити:

- періодичність формування (складання) протоколу;
- хто є користувачем протоколу;
- кількість примірників, які необхідно дати користувачам;
- хто відповідає за складання протоколу;
- місце зберігання протоколу;
- строк зберігання протоколу.

Таким чином, особа, яка реєструє дані, повинна знати, що саме фіксують, задля чого, коли, на яких носіях, кому й коли їх потрібно подати.

*Робота виконана під керівництвом ст. викладача Малімоненко Г. В.*

## ПОНЯТИЯ «СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ» В КОНТЕКСТЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

*Раджаб Заде Мортеза, аспирант, Залого В. А., профессор,  
Ивченко А. В., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Исследование современного состояния вопроса удовлетворения требований и ожиданий потребителя показывает все возрастающую роль не только производства экологически чистой и качественной продукции или предоставления услуг, но и все большего обращения внимания общественности на вопросы защиты прав человека, поддержания гуманных условий труда, использования детского труда и т.д. Все это можно определить как «социальная ответственность» работодателей как перед своим персоналом, так и обществом в целом.

В настоящее время в развивающихся странах, и особенно на постсоветском пространстве, существует «большая пропасть» между декларированием выполнения обязательств по социальной ответственности и их реальным исполнением. Поэтому уже становится актуальным решение научно-практической задачи повышения конкурентоспособности отечественных организаций на основе разработки и внедрения систем менеджмента, которые бы удовлетворяли требованиям международного стандарта SA 8000.

Целью данной работы является исследование понятия «социальная ответственность» в контексте требований международных стандартов, законодательных документов и толкований различных научных школ и направлений.

Установлено, что само понятие «социальная ответственность» имеет обширное толкование в различных научных работах, законодательных актах и нормативных документах и по своей сути должно охватывать многогранные аспекты ведения бизнеса. В тоже время, международный стандарт SA 8000, содержащий требования к системам менеджмента в сфере социальной ответственности, не содержит определения данного понятия. Это приводит к проблемам при проведении работ по разработке, внедрению и сертификации систем менеджмента на соответствие требованиям данного стандарта.

В ходе исследования предложено определение понятия «социальная ответственность» с учетом его многоаспектности: социальная ответственность - это ответственность организации за влияние результатов ее деятельности на внутренние (персонал, высшее руководство, акционеры) и

внешние (поставщики, потребители и общество в целом) заинтересованные стороны с целью ее устойчивого экономического развития.

Предложенное понятие социальной ответственности охватывает весь спектр человеческих взаимоотношений:

- ответственность организации за влияние результатов ее деятельности на внутренние заинтересованные стороны в работе организации, охватывает взаимоотношения между персоналом, высшим руководством и акционерами конкретной организации. Данная социальная ответственность должна минимизировать риски внутри самой организации, например, путем внедрения системы безопасности и гигиены труда (вопросы охраны труда), системы управления качеством (вопросы повышения квалификации и компетенции персонала), различных социальных гарантий и благ для сотрудников. Все это формирует имидж организации, как организации с корпоративной ответственностью;

- ответственность организации за влияние результатов ее деятельности на внешние заинтересованные стороны в работе организации, охватывает взаимоотношения между потребителями, поставщиками и обществом в целом. Данная социальная ответственность должна минимизировать внешние риски для организации, например, путем внедрения системы управления качеством (вопросы предоставления услуг стабильного уровня качества), системы экологического менеджмента (вопросы охраны окружающей среды), различных отраслевых систем менеджмента (например, система НАССР – безопасность пищевых продуктов), а также непосредственно социальной ответственности (например, вопросы использования детского и женского труда и др.). Все это формирует имидж организации, как организации с корпоративными социальными возможностями.

В конечном итоге можно утверждать, что имидж любой организации, который непосредственно влияет на котировку ее акций и повышает уровень удовлетворенности всех заинтересованных сторон, формируется не только конкурентоспособностью ее товаров и услуг, но и ее социальной ответственностью за свою деятельность как внутри самой организации, так и перед внешними заинтересованными сторонами.

На основании проведенных исследований требований и ожиданий потребителей относительно управления организациями в области социальной ответственности можно сделать вывод о том, что в настоящее время, становится актуальным вопрос минимизации рисков ведения бизнеса, связанных с соблюдением социальной ответственности производителей.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ МАШИН, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЗАДОВОЛЕННЯМ ПОТРЕБ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ ФІЗИЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

*Рзаєв Р. В., студент, СумДУ, м. Суми*

Актуальність цієї теми на сьогодні не викликає сумнівів. Адже питання пересування інвалідів є одними з ключових в їх реабілітації та інтеграції в суспільство, створення їм рівних можливостей.

Кількість інвалідів в Україні впродовж останніх 5 років зростає на 5,5% і на початок 2012 р. становила 2,6 млн осіб, або майже 6% загальної кількості населення. Але умови для них так і не покращуються, не закуповується нова спеціальна техніка для перевезення інвалідів, не перебудовується обладнання для вантаження, відвантаження людей з обмеженими фізичними можливостями.

Але ведуться розробки по оснащенню та виготовленню машин, міського транспорту, вагонів та інше. Як, наприклад, встановлення та використання тильного підйомача ці вимоги описуються у стандарті ДСТУ ЕМ 1756-2: 2005:

- використовуваних для посадки пасажирів до колісних транспортних засобів (КТЗ) і для їх висадження; призначених для встановлення (тимчасово чи постійно, усередині, попереду, збоку чи позаду) на КТЗ;
- з ручним або електричним приводом;
- оснащених платформою для пасажирів, який може бути пішим або в інвалідному візку і може бути із супровідником.

Згідно з вимогами ДСТУрг ЕИ 81-70:2003 забезпечується зручність доступу до ліфтів пасажирів із функціональними порушеннями, а саме:

- дверний отвір - не менше 800 мм;
- регульована затримка дверей у діапазоні від 2 до 15 с;
- дверний отвір, обладнаний безконтактними сенсорними датчиками;
- купе кабіни обладнано поручнями;
- точність зупинки кабіни - у межах 2 мм;
- реєстрація наказів, викликів супроводжується звуковим і світловим сигналом;

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що застосування зазначених вище стандартів під час проектування підйомачів, ліфтів та іншого обладнання, створює рівні умови для людей з обмеженими фізичними можливостями. Але витрачається на це дуже мало коштів та, майже не впроваджується в суспільстві.

*Робота виконана під керівництвом ст. викладача Здєльнік З. А.*

## УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Сарафаннікова Н. В., доцент, ХНТУ, м. Херсон*

Проблеми управління якістю є актуальними для всіх країн і підприємств. Розв'язання завдань управління якістю в достатній мірі впливає на успіх і ефективність, як будь якого промислового виробництва, так і всієї економіки України.

Відомо, що на якість продукції впливає значна кількість факторів, які діють як самостійно так і взаємопов'язано на усіх етапах виробництва. Всі ці фактори можна поділити на 4 групи: технічні, організаційні, економічні та суб'єктивні. До останнього фактору відносять значну роль людини у забезпеченні якості, її професійну підготовку, фізіологічні та емоційні особливості. Очевидно, що взаємозв'язок та вплив суб'єктивного фактору на всі інші фактори є вагомим [1].

Аналіз розвитку стандартизації і сертифікації показує, що існує комплекс вимог для забезпечення управління якістю у вигляді міжнародних і національних стандартів ISO 9001, які прийнято у більшості країн.

На сьогоднішній день існує багато економічних чинників, які заважають і унеможливають впровадження сертифікації на відповідність стандартам в нашій країні. Адже досвід впровадження сертифікації в інших, більш розвинутих країнах, показує що не останню роль в цьому процесі відіграє національний менталітет народу, від якого насамперед залежить економічне благополуччя країни. Таким чином на перший план в управлінні якістю постає проблема ефективного керування персоналом підприємства - людьми, менталітет яких давно позбувся рис патріотизму стимульованого лише ідеєю.

Необхідно вдосконалювати систему управління персоналом [2] і в функціонал цілі повернути складову, що відповідає за матеріальну стимуляцію потреб управління якістю. В якості такої складової можна запропонувати залежність у вигляді функцій штрафів.

Пропонується будову підприємства і структуру управління персоналом розглядати як ієрархічно підпорядковану фрактальну структуру з ознаками повторюваності на кожному рівні ієрархії. Це в подальшому надасть змогу застосовувати однаковий функціонал цілі на всіх рівнях ієрархії і тим самим здійснювати рівномірне і якісне керування персоналом.

Отже управління якістю безпосередньо залежить не тільки від технічних заходів на виробництві, а й, в більшій мірі, від грамотного і якісного управління персоналом промислового виробництва.

### Список літератури

1. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації: Підручник / М.І. Шаповал. – К.: Вид-во Європ. Ун-ту, 2002. – 174 с.
2. Балабанова Л.В. Стратегічне управління персоналом підприємства: навч. посіб. / Л.В. Балабанова, О.В. Стельмашенко. – К.: Знання, 2011.– 236 с.

## РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА МЕТОДИКИ АТЕСТАЦІЇ КУВЕЗІВ (ІНКУБАТОРІВ) ДЛЯ ВИХОДЖУВАННЯ НЕМОВЛЯТ

*Сиренко М. В., студентка, СумДУ, м. Суми*

Відповідно до сучасного визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), недоношеною вважається дитина, народжена на терміні вагітності до 37 повних тижнів і має всі ознаки незрілості.

Виходжування маловагих дітей – це забезпечення життєдіяльності. Необхідно дуже точно підтримувати температуру і вологість навколишнього середовища. Для цієї мети використовуються ліжечка-кувези, що захищають тіло дитини з усіх боків, з подвійними прозорими стінками і додатковими джерелами обігріву.

Інкубатори (від латів. *incubare* - лежати), більш споживана назва - кувези (франц. *couveruse*), апарати з постійною високою  $t^{\circ}$ , в яких поміщають недоношених дітей для зігрівання і оберігання його від втрати тепла.

Вимоги, які необхідно пред'явити до утримування дітей в кувезі, полягають в основному в наступному: повітря в кувезі має бути чисте, свіже, певної постійної теплоти і вологості.

Атестація випробувального обладнання – визначення нормованих характеристик випробувального обладнання, їх відповідність вимогам нормативних документів і встановлення придатності цього обладнання до експлуатації.

Основні положення та порядок атестації випробувального обладнання регламентуються ГОСТ 24555.

В роботі запропоновано програму та методику атестації кувезів (інкубаторів) для виходжування немовлят що включають:

- методи проведення атестації;
- нормовані характеристики випробувального обладнання;
- вимоги до засобів виміральної техніки, допоміжного обладнання, матеріалів, розчинів, що застосовуються при проведенні атестації, або приводять типи засобів виміральної техніки, їх характеристики та позначення документів, в яких є вимоги до цих засобів виміральної техніки (стандарти, технічні умови);
- умови проведення атестації;
- вимоги до забезпечення безпеки, охорони навколишнього середовища при проведенні атестації;
- вимоги до забезпечення екологічної безпеки (за необхідності);
- вимоги до кваліфікації фахівців, які проводять атестацію;
- операції обробки результатів атестації;
- вимоги до встановлення періодичності атестації.

*Робота виконана під керівництвом ст. викладача Одноралова В. М.*

## ОСНОВНІ ПЕРЕДУМОВИ ТА ЦІЛІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ НА БАЗІ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ СЕРІЇ ISO 29000

*Степанюк Г. С., асистент,*

*Лесів Л. М., студентка, ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ*

В умовах глобального ринку особливу роль відіграють питання управління якістю. Ефективність виробництва та інвестиційна привабливість нафтогазових компаній, підрядників і постачальників (перш за все, для іноземного інвестора) напряму залежать від відповідності систем менеджменту вимогам міжнародних стандартів. Наявність системи менеджменту якості, що відповідає спеціальним вимогам для нафтової, нафтохімічної і газової промисловості, дозволяє постачальникам продукції і послуг отримати перевагу в тендерних процедурах, своєю діяльністю підтримати надійну і безперервну роботу галузі, що забезпечує весь світ вуглеводневою сировиною і продуктами її переробки. У зв'язку із цим, розвиток національних стандартів нафтогазової галузі передбачає прискорене впровадження на її підприємствах систем менеджменту якості відповідно до стандарту ДСТУ ISO/TS 29001:2010 [1].

Технічні умови ISO/TS 29001 стали результатом спільної роботи Американського Нафтового Інституту (API) та технічного комітету ISO / TC 67, і є документом, вимоги якого визнаються підприємствами нафтогазової галузі у всьому світі, а також запобігає побудові декількох паралельних систем менеджменту, які при необхідності сертифікації будуть вимагати різних аудитів. У стандарті повністю наведено оригінальний текст стандарту ISO 9001:2008 і визначені вимоги до систем менеджменту якості для організацій, які постачають продукцію та послуги для нафтової, нафтохімічної і газової промисловості.

У стандартах ISO/TS 29001 приділяється максимум уваги процесам проектування, розробки, виробництва, установки і обслуговування нафтогазової галузі. Крім того, цей стандарт призначений для виробників обладнання і постачальників матеріалів для нафтогазової промисловості, а також організацій, що надають послуги підприємствам цієї сфери. Скористатися такими стандартами можуть і покупці, що допоможе оцінити якість пропонованої виробником продукції, а також організації, які здійснюють оцінку і сертифікацію. Зазначена технічна специфікація покликана сприяти розвитку системи менеджменту якості, яка передбачає безперервне удосконалення (якості продукції, виробничих процесів, кваліфікації персоналу), попередження дефектів і скорочення витрат в ланцюгу постачання. Результатом ДСТУ ISO/TS 29001:2010 буде збільшення випадків застосування перевірених часом міжнародних галузевих вимог до

систем менеджменту якості в широкому спектрі у нафтогазовій промисловості України.

Однією із додаткових вимог стандарту ISO/TS 29001 до п. 4.1.1 аутсорсинг процесів та / або послуг для її застосування в нафтогазовій промисловості є те, що організація повинна розподілити і підтримувати в робочому стані відповідальність і повноваження за відповідність продукції встановленим вимогам при аутсорсингу процесів та / або послуг. Отже, якщо організація приймає рішення передати виконання робіт за спеціальними процесам на аутсорсинг, тоді вона повинна вимагати від постачальника виконання вимог п. 7.5.2 (4.1). Великі міжнародні генпідприємники нафтогазової сфери, які працюють в Україні, зазвичай сертифіковані за всіма необхідними міжнародними стандартами. Серед основних вітчизняних підприємців також росте розуміння необхідності сертифікації відповідно до стандарту ISO/TS 29001.

Отже, система менеджменту якості в нафтогазовій галузі дозволяє постійно формувати нові елементи в діяльності підприємств, підвищувати рівень їх розвитку та забезпечувати істотну підтримку конкурентоспроможності, сприяючи досягненню успіху нафтогазовими підприємствами. Саме тому все більше нафтогазових підприємств спрямовують зусилля на впровадження систем менеджменту якості відповідно до вимог ISO/TS 29001 як ефективного інструменту безперервного удосконалення нафтогазового бізнесу і досягнення усіх його стратегічних цілей.

Враховуючи, що витрати, які відносяться до операційної і виробничої діяльності нафтогазових підприємств будуть зростати у майбутньому, особливо з врахуванням можливого вступу в силу нових вимог в сфері техніки безпеки і охорони навколишнього середовища, а також існуючі екологічні та професійні ризики, пов'язані із особливостями технологій видобування та перероблення вуглеводнів, одним із перспективних напрямків розвитку нафтогазової галузі буде впровадження на підприємствах систем управління охороною навколишнього середовища відповідно до міжнародних стандартів ДСТУ ISO серії 14000 та систем управління професійними ризиками в галузі охорони праці відповідно до стандарту ДСТУ OHSAS 18001.

#### Список літератури

1. ДСТУ ISO/TS 29001:2010. Системи управління якістю. Вимоги до організацій, які постачають продукцію і надають послуги в нафтовій, нафтохімічній і газовій промисловості (ISO/TS 29001:2010, IDT).



# **ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ КАРБІДНИХ ПОКРИТТІВ НА СТАЛЯХ І ТВЕРДИХ СПЛАВАХ

*Мисливченко О.М., студент, СумДУ, м. Суми*

Високий рівень розвитку сучасного машинобудування, пред'являє ряд жорстких вимог до конструкційних матеріалів, особливо до матеріалів, що працюють в екстремальних умовах. Підвищення технічних і економічних вимог ставить питання про розробку нових покриттів які б дали змогу підняти існуючі матеріали на новий рівень. В процесі проведення експериментальних досліджень були отримані комплексні карбідні і карбооксидні покриття, що характеризуються комплексом специфічних властивостей.

Процес насичення двома карбідоутворюючими елементами реалізувався в одному технологічному циклі при температурі 1050 – 1080°C без розгерметизації реакційної камери. В якості вихідних реагентів використовували порошки титану, хрому та ванадію, а також чотирихлористий вуглець.

За результатами рентгеноструктурного аналізу покриттів отриманих при різних температурно-часових умовах насичення, було виявлено, що основними фазами поверхні хромованих сталей є карбіди хрому  $Cr_7C_3$  та  $Cr_{23}C_6$ , при титануванні – карбід титану  $TiC$ , а при хромотитануванні утворюється комплекс фаз, який складається з карбіду хрому  $Cr_xC_y$  та карбіду титану  $TiC$ . Після хромованадіювання покриття містить карбід хрому  $Cr_{23}C_6$  і карбід ванадію  $VC$ . Окрім вище зазначених фаз, в залежності від насичуваного матеріалу, також можуть утворюватися інтерметаліди  $Fe_2Ti$ ,  $FeV$  та напівкарбіди  $V_2C$ .

Аналіз параметрів кристалічних ґраток фаз покриттів на основі карбіду хрому і карбіду ванадію показав, що зростання вмісту вуглецю основи призводить до незначного збільшення параметрів кристалічних ґраток фаз. Так карбід  $Cr_{23}C_6$  в покритті сталі 20 має період кристалічної ґратки  $a=1,0663$ нм, а в покритті сталі У8А  $a=1,0667$ нм (час насичення 3 години, температура 1050°C). Для карбіду ванадію ці значення коливаються в межах  $a=0,4140$ нм (для сталі 20) та  $a=0,4145$ нм (для сталі У8А).

В той же час, параметри кристалічної ґратки карбіду титану змінюються в децю більших межах. На сталі 20 покриття  $TiC$  має параметри  $a=0,4320$ нм, а на сталі У8А  $a=0,4330$ нм. Що говорить про більший вплив вуглецю матеріалу основи на формування покриття.

Пояснити вище наведене можна розглянувши відповідні подвійні діаграми стану. Аналіз яких дозволить в тій чи іншій мірі прогнозувати вплив основи на формування та властивості покриттів.

*Робота виконана під керівництвом ст. викладача Дегули А.І.*

## ХРОМОАЛІТУВАННЯ СТАЛІ 12Х18Н10Т З БАР'ЄРНИМ ШАРОМ НІТРИДУ ТИТАНУ

*Аришук М.В., аспірант, Музика О.С., студент, Калашніков Г.Ю., студент,  
НТУУ «КПІ», м. Київ; Харченко Н.А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Певний інтерес, як спосіб хіміко-термічної обробки, має процес хромоалітування, який використовують переважно для підвищення жаро- та ерозійної стійкості сталей [1]. Можна вважати за цілком можливе формування на сталі 12Х18Н10Т багатошарового покриття з бар'єрною складовою шляхом поєднання методу фізичного осадження з газової фази нітриду титану TiN з наступним хромоалітуванням.

Комплексне насичення сталі 12Х18Н10Т відбувалося наступним чином. На першому етапі на поверхню зразків наносили нітрид титану TiN методом фізичного осадження на установці ВУІБ. На наступному етапі зразки покриті TiN хромоалітували при температурі 1050 °С впродовж 3 годин в порошкових сумішах наступного складу: 46 % Cr + 10 % Al + 4 % NH<sub>4</sub>Cl + 40 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Процес проводили контактним методом в контейнері з плавким затвором за умов зниженого тиску. Отримані покриття були досліджені методами фізичного матеріалознавства.

Встановлено, що після хромоалітування сталі 12Х18Н10Т та сталі з покриттям TiN на поверхні зразків утворюються багатокомпонентні покриття за участю оксиду алюмінію Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, інтерметалідних впорядкованих сполук зі структурою CsCl – Al(Fe,Cr), Al(Fe,Ni), нітриду титану та твердого розчину Fe<sub>d</sub>(Al,Cr,Ni).

Мікрорентгеноспектральним аналізом встановлено, що в порівнянні із хромоалітуванням концентрація заліза в покриттях хромоалітування з TiN в зоні інтерметалідів Al(Fe,Cr), Al(Fe,Ni) зменшується майже у 1,5 рази, хрому збільшується майже у 2 рази. Збільшення вмісту нікелю в дифузійній зоні має місце для обох типів покриттів. В останньому випадку концентрація нікелю в шарі Al(Fe,Ni) досягає 38,8 % мас. В той же час алюміній, який проник в основу кріз шар TiN, сприяє утворенню зони твердого розчину Fe<sub>d</sub>(Al,Cr,Ni).

За даними дюрOMETричного аналізу комплексних покриттів максимальну мікротвердість виявлено для шару TiN – 20,5 – 21,0 ГПа, а для шарів на основі сполук Al(Fe,Cr) та Al(Fe,Ni) – 5,0 – 6,8 ГПа.

Встановлено бар'єрні властивості шару TiN, який при наступному дифузійному хромоалітуванні гальмує дифузійне проникнення хрому та алюмінію в основу, а заліза та титану основи в покриття. Отримані покриття за своїм складом, структурою, властивостями можуть бути використані з метою підвищення експлуатаційних властивостей сталі 12Х18Н10Т.

### Список літератури

1. Коломыйцев П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия. – М.: Металлургия, 1979. – 272 с.

*Робота виконана під керівництвом професора Хижняка В.Г.*

## ВПЛИВ ХРОМОАЛІТУВАННЯ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 12X18H10T В УМОВАХ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ БЕЗ ЗМАЩУВАННЯ

*Аришук М.В., аспірант, Педенко С.А., студент, Танасюк В.С., студент,  
НТУУ «КПІ», м. Київ; Петрова Н.В., студент, СумДУ, м. Суми*

Вимоги до сучасних деталей машин, інструментів, оснастки із сталей та твердих сплавів, які працюють в жорстких умовах дії високих виробничих швидкостей, контактних навантажень, агресивних середовищ, включають опір зносу, високу тріщиностійкість, хімічну стабільність при високих температурах, високу корозійну стійкість тощо. Маловірогідно, що однорідні за товщиною матеріали зможуть задовольнити цим вимогам. Зазначеним властивостям можуть відповідати лише покриття, окремі складові сполуки яких мають певні функції [1]. Цілком зрозуміло, що об'єднання таких сполук в одному покритті і створення роботоздатної композиції «покриття – основа» дозволить вирішити задачі підвищення властивостей виробів в різних умовах експлуатації.

Випробовування на зносостійкість в умовах тертя ковзання без змащування сталі 12X18H10T з покриттями та без покриттів виконували на машині тертя МТ – 68 по схемі вал – вкладка при навантаженні  $P = 0,5 - 1,5$  МПа та швидкості ковзання  $V=5$  м/с. В якості контргіла використовували сталь 65Г, загартовану та відпущену на твердість 51 – 52 HRC. Величину зносу оцінювали за відношенням зміни розмірів зразка до шляху ковзання.

На поверхні тертя вихідної сталі 12X18H10T, сталі після хромоалітування, хромоалітування з попередньо нанесеним шаром нітриду титану TiN спостерігаються окремі лінії абразивного мікрорізання по напрямку тертя. Можна вважати, що в якості абразиву виступають окремі тверді частки покриття або контргіла. Поверхня контргіла зі сталі 65Г після випробування на знос сталі 12X18H10T з покриттями виявилася світла, гладка, риси рівномірні за глибиною. Слідів адгезійного схоплення, налипання на поверхні контргіла не виявлено, що говорить про високозахисні властивості покриттів на сталі 12X18H10T.

Встановлено, що саму високу зносостійкість має сталь 12X18H10T з комплексним покриттям, яке формується після хромоалітування з попередньо нанесеним на сталь шаром нітриду титану TiN. Зносостійкість сталі 12X18H10T з таким покриттям зростає в 1,5–5,6 разів у порівнянні із вихідною, що зумовлено значною мікротвердістю, жаростійкістю та високою адгезією з основою.

### Список літератури

1. Похмурский В.И., Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий. Далисов В.Б., Голубец В.М. К.: Наукова думка. 1980.- 188с.

*Робота виконана під керівництвом професора Хижняка В.Г.*

## КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ХРОМОАЛІТОВАНОЇ СТАЛІ 12Х18Н10Т

*Аршук М.В., аспірант, Лоскутова Т.В., доцент, Погребова І.С., професор, НТУУ «КПІ», м. Київ; Каєта В.І., студент, СумДУ, м. Суми*

Сталь аустенітного класу 12Х18Н10Т, що відрізняється помірною міцністю, високою пластичністю та хорошою корозійною стійкістю, знайшла широке використання в різних галузях машинобудування [1, 2]. У випадку збільшення зносу- та жаростійкості поверхневих шарів з'являється можливість отримати новий матеріал з високими значеннями вказаних властивостей та притаманними для сталі 12Х18Н10Т міцністю, пластичністю та корозійною стійкістю. Заслуговує на увагу те, що отримати монолітний матеріал з подібними властивостями з використанням відомих методів практично неможливо.

В роботі були досліджені корозійні властивості сталі 12Х18Н10Т у вихідному стані та хромоалітованої в різних агресивних середовищах. Випробування проводили при кімнатній температурі в умовах природної аерації. Оцінку корозійної стійкості визначали гравіметричним та металографічним методами.

Зовнішній огляд поверхні та металографічний аналіз зразків після певного часу випробування показав, що поряд із суцільними ділянками корозійного руйнування мають місце і локальні ділянки у вигляді плям, піттингів. Саме в цих місцях можна очікувати підвищену кількість наскрізних пор, які в процесі корозії трансформуються в язви, піттинги і являють собою ділянки активного руйнування.

Показано, що хромоалітування підвищує корозійну стійкість сталі 12Х18Н10Т у воді – в 5,3, 10% розчині кальцінованої соди – в 3,2 та 10% укусної кислоти – в 4,3 рази, а в 10% розчині азотної кислоти та 10% сірчаної кислоти хромоалітування ініціює процес корозії в кілька разів.

Можна вважати, що отримані в роботі покриття за своїм складом, структурою, властивостями можуть бути використані з метою підвищення корозійних властивостей сталі 12Х18Н10Т.

### Список літератури

1. Гольдштейн М.Н., Грачев С.В., Векслер Г.М. Специальные стали. М.: Металлургия, 1985. – 408 с.
2. Химушин Ф.Ф. Нержавеющие стали. М.: Металлургия. – 1976. – 798 с.

*Робота виконана під керівництвом професора Хижняка В.Г.*

## ДИЗАЙН ТЕХНОЛОГИИ УГЛЕФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

*Томас А.А., аспирант, ГВУЗ «УГХТУ», г. Днепропетровск;  
Гутенко Л.И., студент, СумГУ, г. Сумы*

Современная мировая тенденция развития трибоматериаловедения для компрессоростроения, состоит во все большем расширении номенклатуры и областей применения «сухих» компрессорных установок с использованием самосмазывающихся материалов. Работа таких установок в условиях режима «сухого трения» существенно продлевает срок службы их уплотнительных элементов и сокращает эксплуатационные расходы.

К самосмазывающимся материалам относят и углекомпозитные материалы на основе ПТФЭ. Они находят свое применение в качестве уплотнительных элементов цилиндропоршневых и сальниковых узлов компрессорных установок нагнетающих воздух, азот, азото-водородную смесь, аргон, гелий, углекислый газ, а также насосов и другого оборудования при работе в воде, в среде уксусной кислоты,  $n$  – ксилола, метанола, едкого натра и других активных, агрессивных сред.

Углефторопластовые композитные материалы имеют потенциально широкий диапазон достижимых свойств, обеспечиваемый использованием различных качественных и количественных составов порошкообразных и волокнистых наполнителей, технологических приемов реализации синтеза фаз композиции (дизайном технологии). Особое место в этом плане принадлежит технологии формования композиции в заготовку (изделие), как основной операции формообразования заготовки и структурирования композита.

Согласно спланированным и проведенным экспериментам определены основные параметры процесса формования (прессования), влияющие на изменение важнейших физико-механических и триботехнических показателей углефторопластового композита. Эти данные легли в основу построения математической модели процесса, на основании которой решена задача оптимизации режима формования.

Разработаны и апробированы методики расчетов и принципы моделирования углефторопластовых самосмазывающихся материалов в зависимости от технологии их получения и геометрических параметров конкретной машины, агрессивного воздействия реальных газов. Обосновано и научно доказано повышение эффективности работы компрессорных установок с использованием для уплотнительных элементов углефторопластовых композитов полученных моделированием дизайна технологии для различного типа машин.

## НОВІ ДИФУЗІЙНІ ПОКРИТТЯ ЗА УЧАСТІ ХРОМУ НА СТАЛІ У8А

*Лоскутова Т.В., доцент, Левашов С.С., аспірант,  
Погребова І.С. професор, Лиховой Д.І., студент, НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Васянович Н.І., студент, СумДУ, м. Суми*

Аналіз чинників виходу з ладу деталей машин та інструменту показує, що за більшість їх експлуатаційних властивостей несе відповідальність поверхневий шар матеріалу. Змінюючи фазовий склад і структуру поверхні можливо покращити експлуатаційні властивості деталей машин та інструменту і значно підвищити надійність вузлів конструкцій та механізмів[1]. Підвищення експлуатаційних характеристик вуглецевих сталей може бути вирішено шляхом нанесення на їх поверхню захисних покриттів на основі перехідних металів IV-VI груп періодичної системи [1].

Покриття наносили газовим методом в спеціальній установці, раніше виготовленій на кафедрі металознавства і термічної обробки НТУУ «КПІ», яка була модифікована [2]. Процес проводили в замкнутому реакційному просторі, при зниженому тиску активної газової фази ( $10^4$ Па), температурі  $1050^\circ\text{C}$ , протягом 4 годин. В якості вихідних реагентів використовували порошок хрому технічної чистоти, чотирьоххлористий вуглець і графіт.

Металографічні, рентгеноструктурні, мікрорентгеноспектральні дослідження були виконані з використанням відомих методів фізичного металознавства.

Рентгеноструктурним аналізом встановлено, що на поверхні сталі У8А після її хромування формуються шари, що складаються з карбідів хрому  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  та сполуки  $\text{FeCr}$ . Мікροструктурним аналізом, після травлення реактивом Мураками з подальшим травленням 3% розчином азотної кислоти в етиловому спирті, показано, що отримані покриття складаються з трьох шарів, які ідуть паралельно фронту дифузії, з чітко вираженою границею розділу покриття-основа (рис.1).

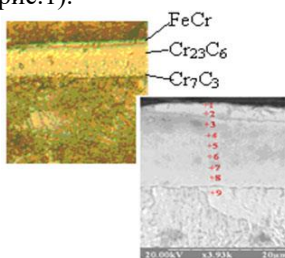


Рисунок 1 – Мікροструктура сталі У8А з покриттям отриманим при хромуванні, а (x500), б (електронне зображення)

Перша зона, на основі сполуки  $\text{FeCr}$ , розміщена на зовнішній межі покриття та складається з дрібних рівновісних зерен, друга - на основі карбиду  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  - з дрібних стовчастих кристалів. Безпосередньо до основи

примикає третя зона з карбіду хрому  $Cr_7C_3$ , що складається з стовбчастих та рівновісних кристалів. Загальна товщина покриттів складає 15,0-16,0 мкм, при цьому товщина поверхневого шару на основі сполуки  $FeCr$  складає 2,0-3,0 мкм. Мікротвердість дифузійного шару відповідає 16,0-17,5ГПа.

Встановлено, що на зовнішній зоні покриття утворюється  $\sigma$ -фаза, в якій розчиняється 44,5-44,0%мас. хрому, 55,5-55,9%мас. заліза. Безпосередньо під нею розташовується шар карбідів, вміст хрому в яких плавно знижується від поверхні до основи і складає 91,4%мас-47,6% мас. Вміст заліза навпаки збільшується і складає 8,7%мас.-52,4%мас. Таким чином, встановлена підвищена концентрація хрому в карбідах в порівнянні зі складом карбідів хрому отриманими іншими методами.

На основі отриманих даних побудовано графік розподілу елементів по перерізу покриття (рис. 2).

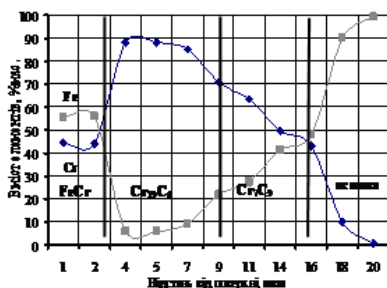


Рисунок 2- Розподіл елементів по перерізу хромованих дифузійних шарів на сталі У8А

Дифузійні шари, отримані хромованням виявляють значно більшу корозійну стійкість, ніж вуглецева сталь, у ряді промислово важливих водних середовищах. Нанесення вказаних покриттів призводить до зменшення швидкості корозії сталі У8А після 24 годин випробувань: у водопровідній воді - в 35,5 рази, в розчинах 0,5% та 5%  $H_2SO_4$  – в 16,6 та 192,7 разів.

Таким чином, проведені дослідження свідчать про перспективність нанесення на поверхню виробів виготовлених із сталі У8А хромових дифузійних покриттів запропонованим способом з метою підвищення їх зносостійкості в умовах одночасного впливу водних агресивних середовищ.

#### Список літератури

1. Лоскутов В.Ф., Хижняк В.Г., Куницкий Ю.А., Киндрачук М.В. Диффузионные карбидные покрытия. –К.: Техника. – 1991. –168 с.
2. Лоскутов В.Ф., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В., Погребова І.С., Ульяненко Н.В. Реакційна камера для нанесення карбідних покриттів. Деклараційний патент України на винахід №54926 А від 17.03.2003. Бюлетень №3.

*Робота виконана під керівництвом професора Хижняка В.Г.*



## ДИФУЗІЙНІ ПОКРИТТЯ ЗА УЧАСТІ АЛЮМІНІЮ НА ТЕХНІЧНОМУ ТИТАНІ

*Лоскутова Т.В., доцент, Смокович І.Я., аспірант,  
Бобіна М.М., доцент, Лихovej Д.І., студент, НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Прозорова А.О., студент, СумДУ, м. Суми*

Аналіз чинників виходу з ладу деталей машин, конструкцій, що виготовлені з титану та сплавів на його основі показує, що за більшість їх експлуатаційних властивостей несе відповідальність поверхневий шар матеріалу. Змінюючи фазовий склад і структуру поверхні можливо покращити експлуатаційні властивості виробів і значно підвищити надійність вузлів конструкцій та механізмів. Алітування – відомий процес хіміко – термічної обробки, який полягає в насиченні металів та сплавів алюмінієм з метою підвищення жаростійкості, корозійної та ерозійної стійкості.

Покриття наносили порошковим методом в середовищі хлору. Вироби завантажували в контейнер разом з насичуючою сумішшю наступного складу: 10 % мас. Al, 87% мас. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і 3,0 % мас. NH<sub>4</sub>Cl. Після цього контейнер герметизували, нагрівали до температури 1050°C та витримували протягом 4 годин в вакуумі.

Мікрорентгеноспектральним аналізом встановлено, що на зовнішній зоні покриття утворюється фаза, в якій розчиняється 49,9...19,2 % мас. алюмінію, 49,9...50,8 % мас. титану. По мірі просування вгіб покриття до границі розділу покриття – матриця вміст алюмінію знижується і складає 34,8...20,3% мас. При прийнятих умовах алітування спостерігається дифузія алюмінію в матрицю з утворенням шару твердого розчину в титані. Концентрація алюмінію становить 3,5%мас. за границею покриття і плавно знижується до основи. Глибина проникнення алюмінію в основу становить 50,0-70,0 мкм. Мікроструктурним аналізом встановлено, що дифузійний шар має сірий колір, в структурі якого можна виділити дві зони. Перша зона сірого кольору товщиною 25,0-26,0 мкм близька по складу до сполуки TiAl. Безпосередньо до основи примикає суцільний шар на основі фази Ti<sub>3</sub>Al, товщиною 5,0-6,0 мкм. Зона твердого розчину алюмінію, яка розташована безпосередньо під зоною сполук не відрізняється структурно від зони основного сплаву. Мікротвердість зони сполук виявилась достатньо високою і досягла на зовнішній стороні покриття 10,0-8,0 ГПа, на внутрішніх зонах 8,0-7,0 ГПа.

Аналіз структури, фазового та хімічного складів отриманих алітованих покриттів свідчить про перспективність нанесення їх на поверхню виробів виготовлених з технічного титану марки VT1-0 з метою підвищення жаростійкості, корозійної стійкості, зносостійкості.

*Робота виконана під керівництвом професора Хижняка В.Г.*

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕШЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

*Шульга Р.М., студент, СумГУ, г. Сумы*

В современной промышленности, несмотря на появление новых методов получения заготовок, значительную роль по-прежнему играет литейное производство. Совершенствование существующих и развитие новых методов литья позволяет получать заготовки, которые максимально приближены к готовой детали. В то же время экономия ресурсов, сжатые сроки выполнения поставленных задач ставят свои требования к организации производственных процессов. Значительных результатов в повышении качества выпускаемой продукции и снижения материальных затрат позволяет достигнуть использование современной вычислительной техники.

В различных областях науки и техники широко используется метод математического моделирования. Этот метод включает в себя разработку физических и математических моделей, численных методов и программного обеспечения, проведение численного эксперимента с привлечением средств вычислительной техники (его результаты анализируются и используются в практических целях). В основе математической модели литейных процессов лежат уравнения теплопереноса: уравнения теплопроводности, Навье-Стокса, диффузии, кинетические уравнения фазовых превращений и т.д. Расчетная область включает не только объем, занимаемый расплавом, но также и формообразующую среду с различными граничными и начальными условиями [1].

Практика показывает, что оптимальный подход состоит не в выборе какого-то одного метода решения, а в использовании комбинации различных методов – это позволяет получить выигрыш в скорости, точности и адекватности получаемых результатов экспериментальным данным.

На сегодня в мире насчитывается более десяти систем автоматизированного моделирования литейных процессов (САМ ЛП). Специалистам хорошо известны немецкая программа Magma и американская Procast, в этом же ряду нужно упомянуть американскую SolidCast, финскую CastCAE и немецкую WinCast. Две разработки – "Полигон" и LVMFlow – имеют российское происхождение.

Опыт практического применения САМ ЛП показал, что программные продукты зарубежных производителей не получили серьезного распространения на рынке СНГ. Причиной тому высокая цена программ, отсутствие в большинстве случаев русского интерфейса и отечественной базы данных по материалам и сплавам [2].

В свою очередь хотелось бы отметить разработку специалистов ЗАО "НПО МКМ", г. Ижевск – LVMFlow (NovaFlow Solid).

Наличие в руках технолога-литейщика системы LVMFlow позволяет значительно удешевить и ускорить исследовательскую работу по проектированию и разработке технологии производства отливок. LVMFlow широко используется в учебных заведениях при подготовке квалифицированного персонала для литейных производств. Это «литейная» программа с поддержкой многопроцессорных и многоядерных платформ, которая обеспечивает пользователю потрясающую производительность на «обычных» компьютерах [3].

***LVMFlow позволяет проследить:***

- заполнение формы металлом;
- расчет температурных полей;
- расчет поля жидкой фазы;
- расчет поля скоростей;
- расчет конвективных потоков;
- расчет поля давлений;
- расчет сегрегации (химической неоднородности);
- расчет дефектов;
- расчет напряжений и деформаций;
- работу ТЭНов;
- каналы охлаждения;
- работу фильтров;
- учет многократного использования формы.

***LVMFlow может моделировать:***

- литье по выплавляемым моделям (автоматическое построение оболочки);
- литье в ПГС;
- литье в кокиль;
- литье в изложницу;
- литье под давлением (4 варианта);
- литье под низким давлением (2 варианта);
- литье по газифицируемым моделям (в разработке);
- литье по вакуумно-пленочной формовке (в разработке).

Анализируя выше сказанное, можно прийти к выводу, что современное предприятие немислимо без внедрения и активного использования новых разработок в области моделирования технологических процессов. В то же время, развитие новых производственных методов получения изделий, ставит задачи усовершенствования существующих программных продуктов в области моделирования.

Список литературы

1. Васькин В. Математическое моделирование и литейные технологии / В. Васькин, В. Кропотин, А. Обухов // CADmaster. – Csoft. – 2002. - №4. – с. 35 - 39.
2. Турищев В. Моделирование литейных процессов: что выбрать? / В. Турищев // CADmaster. – Csoft. – 2005. - №2. – с.33 - 35.
3. LVMFlow CV – точный и самый быстрый инструмент технолога-литейщика // Литейщик России. – Москва. – 2010. - №5. – с.14 - 16.

*Работа выполнена под руководством, ст. преподавателя Дегулы А.И.*

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПИНОЛИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 16К20

*Копнин В.Е., студент, СумГУ, г. Сумы*

Повышение загрузки и напряженности эксплуатации станков не может не сказаться на их надежности и долговечности. Интенсификация рабочих режимов и тяжелые эксплуатационные условия создают предпосылки для быстрого выхода из строя отдельных деталей.

В данной работе рассматривается пиноль токарно-винторезного станка 16К20. Деталь расположена в задней бабке станка и предназначена для установки центров и инструмента обрабатывающего отверстия (сверла, зенкера, развертки и т. д.). Пиноль выполняется в форме гильзы которую можно перемещать в осевом направлении в отверстии корпуса задней бабки.

При выборе материала для изготовления пиноли необходимо учитывать механические свойства после термоупрочнения, стоимость и дефицитность легирующих элементов, а также энергоемкость, стоимость и временные затраты на термообработку.

В соответствии с базовым вариантом деталь пиноль изготавливается из стали 15Х, подвергается цементации с последующей закалкой и отпуском. Это дешевая сталь нормальной прочности.

Для изготовления детали пиноль предлагаем выбрать сталь 18ХГТ. Эта сталь обладает более высокими механическими свойствами после термической и химико-термической обработки, а также позволяет уменьшить финансовые и временные затраты на ТО и ХТО при замене цементации на нитроцементацию.

Предварительной термической обработкой после получения заготовки и перед механической обработкой является нормализация, при температуре 920-950°C, с выдержкой 1,5 часа, охлаждение на воздухе.

Далее следует механическая обработка. Затем проводится нитроцементация с использованием жидкого цианизатора - триэтиоламина  $((\text{CH}_2\text{ОНCH}_2)_3\text{N})$ , который капельным путем подается в печь. Температура процесса 860-880 °С, с выдержкой 6-7 часов.

После нитроцементации следует закалка с нитроцементационного нагрева, после подстуживания до 770-790 °С с охлаждением в масле. Такая технология упрочнения возможна, так как сталь 18ХГТ наследственно мелкозернистая. Для снятия напряжений после закалки проводим низкотемпературный отпуск при температуре 170 – 190 °С. Выдержка 2 часа.

В результате получаем вязкую сердцевину и твердый, износостойкий поверхностный слой (HRC 60...62). Этот метод получения детали пиноль позволяет существенно уменьшить финансовые и временные затраты на ТО и ХТО.

*Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Руденко Л.Ф.*

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВАЛЬЦЮВАННЯ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ВТОРИННОГО ВУГЛЕПЛАСТИКА

*Берладір Х.В, студент, Руденко П.В., асистент, СумДУ, м. Суми*

Вибір способу подрібнення відходів фторопласта і його композицій залежить від вимог, що пред'являються до кінцевого продукту подрібнення - порошку: його дисперсності, чистоти і розмірам частинок, морфології, які, як визначено експериментально, повинні бути від 50 до 200 мкм (для матриці фторопласт-4 (ПТФЕ)).

Технологічний процес подрібнення вторинного матеріалу впливає на обидва компоненти (фторопласт-4 і вуглецеве волокно (ВВ)), що складають його склад. При цьому необхідно враховувати те, що матеріал вже був підданий впливу різного роду деформацій при механічній обробці в процесі стружкоутворення, що безсумнівно привело до змін його фізико-хімічних властивостей.

При проведенні експериментів, розглядалася і вивчалася можливість застосування технологічного прийому попереднього вальцювання стружки вторинного матеріалу перед подрібненням і отримання необхідного гранулометричного складу вторинного інгредієнта.

При проведенні експериментальних досліджень були використані двовалкової лабораторні вальці моделі Л-16.

При вальцюванні під дією пружної, високоеластичної та пластичної деформації у вторинному композиційному матеріалі відбуваються такі зміни: матеріал ущільнюється, переміщується, диспергується і підвищується температура одержуваного продукту.

Щільність матеріалу змінюється від моменту знаходження в зазорі до моменту виходу і досягає максимального значення в момент проходження міжвалкового зазору, при цьому відбувається ряд механо-хімічних перетворень як в матеріалі матриці - ПТФЕ, так і наповнювача - ВВ. Встановлено, що в полімерній матриці відбувається орієнтація клубкоподібних макромолекул, часткова деструкція дуже довгих ланцюгів, окислення полімеру киснем. Наповнювач - ВВ в процесі прокатки диспергується і частково орієнтується в напрямку прокатки.

В ході проведених досліджень визначено, що регулювати ступінь впливу на матеріал при вальцюванні можна, змінюючи різницю окружної швидкості (фрикції) валків, величину зазору між валками, кількість повторних проходів через зазор.

## ВПЛИВ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПІДВИЩЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛІ 5ХНМ ДЛЯ ШТАМПІВ ГАРЯЧОГО ДЕФОРМУВАННЯ

*Берладір Х.В., студент, Говорун Т.П., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Гаряче об'ємне штампування - це вид обробки металів тиском, при якому формоутворення поковки з нагрітої заготовки здійснюють за допомогою спеціального інструменту - штампа. Штмп є інструментом для обробки тиском, поверхня і контур однієї або обох частин якого відповідає вигляду, формі і розмірам оброблюваної деталі або заготовки.

Гарячим об'ємним штампуванням виготовляють заготовки для відповідальних деталей автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, літаків, залізничних вагонів, верстатів і т.п. Для штампів гарячого деформування досить часто використовують сталь 5ХНМ, яка в даний час є найбільш поширеним матеріалом при виготовленні гарячештапного інструменту в серійному виробництві. Проблема підвищення якості, надійності і довговічності інструменту для гарячої деформації металу актуальна у зв'язку з вдосконаленням конструкції прокатних станів і ковальсько-пресового обладнання за необхідності досягнення більших зусиль обжимання і швидкостей деформації. Тому пріоритетною задачею металознавства на сучасному етапі є розробка нових високоефективних режимів зміцнення, що дозволяють підвищити рівень фізико-механічних і експлуатаційних властивостей інструменту.

Одним з ефективних видів термообробки, яка комплексно підвищує властивості сталей, є термоциклічна обробка (ТЦО) – термічна обробка в умовах циклічних теплових впливів. Задача створення такої зміцнюючої термоциклічної технології, застосовної для інструментів, працюючих в різних умовах термосилового навантаження, надзвичайно складна і різноманітна. Її вирішення дозволить значно збільшити ресурс експлуатаційної стійкості шляхом пошуку нових нестандартних поєднань схем циклічної обробки і параметрів ТЦО у межах режимів, які дозволили б створювати в металі керовані структурні стани за рахунок подрібнення зерна, створення підвищеної густини дефектів, прискорення дифузійних процесів і інших фізичних ефектів. Тому розробка нових режимів ТЦО для штапного інструменту гарячого деформування металу з метою ефективного управління структурою, підвищення механічних, експлуатаційних властивостей і запобігання руйнування робочих поверхонь інструмента є актуальною задачею, що представляє теоретичний і практичний інтерес.

При проведенні термоциклічної обробки для сталі 5ХНМ [1] використовувались режими, що включали одноразовий, двоцикловий і трицикловий нагрів до сталої температури  $T_{\max}$  (850°C) і проміжне

охолодження на повітрі до 300...450°C (вище за точку початку мартенситного перетворення  $M_n$  для досліджуваного матеріалу). З температури останнього нагріву здійснювалося гартування в масло [1]. Далі проводився відпуск до 470° С з отриманням необхідної твердості. Відбір проб, випробування механічних властивостей, заміри твердості і мікротвердість евтектоїда ( $H_{50}$ ) проводилися за стандартними методиками. Випробування гарячої зносостійкості проводилися в режимі сухого тертя об поверхню ролика з твердого сплаву з частотою обертання 200 хв<sup>-1</sup>. Випробування разгаростійкості проводилося при нагріванні пропусканням струму ( $U=380$  В), інтервал зміни температур від 20 до 620...640°C, охолодження виконувалось стисненим повітрям. Авторами [1] було встановлено, що ТЦО з постійною  $T_{max}$ , охолодженням між циклами на повітрі до 350° С, охолодженням в маслі з останнього нагріву подрібнює структуру і робить її більш однорідною, що підвищує комплекс механічних властивостей сталі 5ХНМ після термоциклювання та відпуску на задану твердість: КСУ зростає в 1,4...1,6 рази, характеристики міцності на 5 ... 8%, характеристики пластичності більше, ніж вдвічі. Збільшення кількості циклів в режимі ТЦО сприяє більш повному розчиненню карбідної фази, розташованої по межах зерен, і утворенню збагаченого аустеніту, що дозволяє одержати більш однорідну структуру зі збереженням дрібного зерна. Для такої структури помітно зростання показників міцності ( $\sigma_{0,2}$  - на 80 МПа,  $\sigma_b$  - на 100 МПа) при одночасному збільшенні відносного звуження - в 1,5 рази і КСУ в 1,3...1,5 рази після ТЦО і відпуску, що значно перевершує властивості сталі порівняно з типовою термообробкою. Відносна зносостійкість ( $\epsilon$ ) сталі 5ХНМ [2] змінюється залежно від  $T_{max}$ , кількості циклів і температури немонотонно. Так,  $\epsilon$  після ТЦО з  $T_{max}$  850 і 870° С має істотно вищі значення, ніж після ТЦО з  $T_{max} = 790°$  С і після типових режимів гартування і відпуску. Оптимальним режимом ТЦО визначено наступний - 3 цикли з  $T_{max} = 850°$  С, охолодження у маслі, відпуск при 300°C, при якому отримано найбільше підвищення зносостійкості - на 22%.

Використання термоциклічної обробки, як остаточного виду термообробки, для поліпшення структури і властивостей штампових сталей гарячого деформування дозволяє підвищити ударну в'язкість таких сталей при збереженні високої твердості і міцності, отримати сприятливу структуру сталі із можливістю сфероїдізації неметалевих частинок (сульфідів, фосфідів тощо) з метою зменшення шкідливого впливу цих домішок.

#### Список літератури

1. Иващенко В.Ю. О повышении стойкости штампов для горячего деформирования / В.Ю. Иващенко, А.П. Чейлях // Строительство, материаловедение, машиностроение : сборник научных трудов, Вып. 48. Ч. 1. – Днепропетровск : ПГАСА, 2009. – С. 114-118.
2. Иващенко В.Ю. Анализ причин разрушения гравюры и повышение стойкости штампового инструмента из стали 5ХНМ с помощью ТЦО // Захист металургійних машин від поломок. – 2006. – Вип. №9. – С. 46-49.

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЬКОСТІ ВТОРИННОГО ПОДРІБНЕНОГО ВУГЛЕПЛАСТИКА ПРИ ФОРМУВАННІ ВУГЛЕФТОРОПЛАСТОВОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ

*Руденко П.В., асистент, Пархомчук Ж.В., студент, СумДУ, м. Суми*

Композитні матеріали на основі фторопласта-4 мають ряд унікальних властивостей [1]: високу хімічну стійкість в більшості відомих розчинниках, рекордно низький коефіцієнт тертя, вони зберігають експлуатаційні характеристики в широкому діапазоні робочих температур.

Особливістю одержання виробів з композиційних матеріалів на основі фторопласта-4 є необхідність в остаточній механічній обробці заготовок [2], що приводить до втрат на відходи у вигляді стружки до 50% маси вихідної заготовки. Це призводить до появи екологічної проблеми пов'язаної з наявністю великої кількості не утилізованих відходів і необхідністю їх утилізації або вторинної переробці.

Запропонований спосіб регенерації й використанні відходів полягає у подрібненні стружки вуглепластику й введення її оптимальної кількості в композиційний матеріал з матрицею із фторопласта-4 і вуглеволокнистим наповнювачем (ВВ).

У ході проведення експериментів був вивчений вплив зміни кількості, що вводиться в первинну композицію підготовленого вторинного вуглепластику на механічні й триботехнічні властивості композита.

В якості устаткування для подрібнення й змішування всіх компонентів був використаний модернізований млин МРП-2.

Первинну композицію готували за наступною технологією. Попередньо, перед змішанням ВВ, наповнювач-вуглецеву тканину у вигляді полотна розрізали на шматки розміром  $1 \times 1$  см і подрібнювали на млині МРП - 2 (час здрибнювання  $\tau = 15$  хв., число обертів робочих органів млина  $n = 7000$  об/хв.). Такий режим підготовки ВВ наповнювача зберігався у всіх проведених експериментах.

Режим змішування - число оборотів робочих органів дробарки  $n = 500$  хв<sup>-1</sup>, час змішування  $\tau = 15$  хв.

Як вторинний матеріал використовувалася стружка полімерного композитного матеріалу з основою фторопласт-4 і вуглеволокнистим наповнювачем різних марок (середня насипна щільність  $\rho_n = 0,13-0,15$  г/см<sup>3</sup>). Попередньо зі стружки за допомогою електромагнітного барабанного віддільника віддалялися металеві включення.

Подрібнений вторинний матеріал у різних вагових пропорціях вводили в композицію на стадії змішування первинних інгредієнтів

З отриманих композицій були виготовлені зразки у вигляді втулок за ГОСТ 12015-66 і ГОСТ 12019-66 для проведення механічних випробувань,



які проводилися за стандартною методикою. Результати випробувань в представлені в таблиці.

Таблиця - Механічні й експлуатаційні характеристики розроблювальних вуглепластиків

Марка вуглепластику	Склад, мас. %			Властивості		
	Ф-4	ВВ	Вторинний вуглепластик	Міцність при розриві, МПа	Відносне подовження, %	Інтенсивність зношування, $I \cdot 10^{-6}$ мм <sup>3</sup> /Н·м
ПТФЭ80/20	80	20	-	16	60	80
ПТФЭ72/18/10	75	15	15	12	7	85
ПТФЭ64/16/20	70	15	20	11	6	88
ПТФЭ56/14/30	65	15	20	10	5	90
ПТФЭ48/12/40	60	20	20	7,5	4	210
ПТФЭ40/10/50	55	20	25	4,3	-	-

У ході проведених досліджень встановлено, що введення вторинного подрібненого вуглепластику в полімерну композицію змінює механічні й триботехнічні властивості одержуваного матеріалу. Найбільш високі властивості має композиційний матеріал при введенні 10-15% маси вторинного вуглепластику як наповнювача.

#### Список літератури

1. Пугачев А.К. Переработка фторопластов в изделия : Технология и оборудование / А.К. Пугачев, О.А Росляков – Л : Химия, 1987. – 168 с.
2. Руденко П.В. Совершенствование свойств фторопластоматричных углеволокнистых композитов путем влияния на параметры технологии их получения / П.В. Руденко, А.Ф. Будник, М.В. Бурмистр // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. - №3/7(39). – С. 14 - 19.

## ПОКРАЩАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ

*Ніколаєнко О.О., студент, Говорун Т.П., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Сучасні машинобудівні і металургійні підприємства широко використовують різні види інструментів. У процесі експлуатації найбільш інтенсивно піддаються температурно-силової дії поверхневі шари деталей та інструменту, тому структура та властивості поверхневих шарів впливає на їх працездатність. Вартість їх досить висока через складність технологічних процесів, які застосовуються при їх виготовленні і високої вартості інструментальних матеріалів, що пов'язані з великим вмістом в інструментальних сталях дорогих легуючих елементів. Наприклад, в напівтеплостійких високохромистих сталях вміст легуючих елементів (хрому, молібдену, ванадію, вольфраму) досягає 18%. Ці сталі, в основному використовують для виготовлення штампового інструменту холодного деформування. Сталі типу X12, X12M, X12MF та їх замітники застосовують для вирубних штамтів, які працюють зі значними динамічними навантаженнями в умовах сильного зносу. З ускладненням умов деформування, зокрема, у зв'язку з більш широким застосуванням видавлювання, накатування і вирубки більш твердих металів, а також витягування з великою швидкістю, що протікає в умовах підвищених тисків і нагріву, значно зросли вимоги до штампових сталей.

Для зміцнення поверхневих шарів використовують такі методи як хіміко-термічна обробка (ХТО), напилення зносостійких сполук, наплавлення легованим металом, пластичне деформування, обробка в магнітному полі, що дозволяють збільшити зносостійкість деталей і інструменту та підвищити їх термін служби за рахунок зміни стану матеріалу робочої поверхні. Дифузійне насичення поверхні сталі зазвичай проводять при високотемпературній ізотермічній витримці з повною перекристалізацією в аустеніті. Це призводить до перегріву - структура і механічні властивості сталі, окрім твердості і зносостійкості, погіршуються. Також недоліками процесів традиційної ХТО є їх висока енергоємність і тривалість.

Термоциклічна обробка (ТЦО) заснована на багаторазовому проходженні структурних перетворень. Так, якщо при звичайних видах ТО, що включають ізотермічні витримки, структура характеризується початковим і кінцевим станами, то при ТЦО структура перед кожним новим циклом змінюється і це впливає на умови проходження наступних фазових перетворень, їх механізм і кінетику. В результаті ТЦО різко збільшується пластичність і ударна в'язкість матеріалу. Основні недоліки традиційних способів ХТО можна усунути при поєднанні цих процесів з ТЦО. По-перше, структурні зміни прискорюють подальшу дифузію атомів в матеріалі, і

використання ТЦО як попередньої ТО перед звичайною ХТО представляється досить перспективним. По-друге, проведення ХТО в температурному режимі ТЦО є найбільш ефективним методом інтенсифікації хімічного насичення поверхні деталей при одночасному покращенні їхньої якості. По-третє, використання ТЦО після ХТО в одному технологічному процесі виправляє перегрів та інші дефекти структури, одержувані зазвичай при високотемпературній ХТО.

Термоциклічна обробка штампових сталей допомагає вирішити актуальну задачу підвищення технологічності цих сталей і збільшення стійкості готових виробів штампного оснащення. Так, широко застосовувана для виготовлення штампного оснащення холодного деформування сталь Х12Ф1 має у своїй структурі велику кількість карбідів (до 15% за масовою часткою) і це забезпечує високу зносостійкість - якість, котра особливо необхідна для штапкової сталі холодного деформування. Однак наявність великої кількості карбідів у сталі призводить до зниження ударної в'язкості. Велика легованість сталі створює стійкі до розчинення карбіди. Це вимагає збільшення температури гартування для більшого розчинення карбідів і отримання потрібної твердості мартенситу. Велика температура гартування призводить до збільшення розмірів зерен в сталі. Використовувана термічна обробка дозволяє підвищити міцність сталі, але це супроводжується зниженням в'язкості. Важливою особливістю термоциклічної обробки є можливість одночасно підвищити як міцність, так і в'язкість сталі. Така обробка полягає в тому, що деталі зі сталі Х12Ф1 швидко нагрівають на 30 - 50°C вище за температуру критичної точки  $A_{C1}$ , а потім 4-6 разів охолоджують на повітрі до температури на 30-50°C нижчу за  $A_{C1}$  та знову нагрівають на 30 - 50°C вищу за  $A_{C1}$ . Після цього проводиться остаточне охолодження у воді або маслі. Метод ТЦО в порівнянні зі звичайною термічною обробкою дозволяє при одному і тому ж значенні межі міцності отримати в 2-3 рази більшу величину пластичності і в'язкості.

В результаті ТЦО сталі У8 змінюється структура, розміри і морфологія карбідів, одночасно знижується рівень внутрішніх напружень, підвищується ударна в'язкість, зберігається високий опір деформації сталі. Після ТЦО сталі Х12М відбувається подрібнення великих і утворення нових карбідів глобулярної форми, зменшення вмісту вуглецю в мартенситі, зменшення вмісту залишкового аустеніту, що призводить до покращення механічних властивостей.

Застосування ТЦО становить значний інтерес з точки зору підвищення експлуатаційної стійкості інструменту за рахунок поліпшення структури і комплексу фізико-механічних властивостей. ТЦО дозволяє поліпшити механічні властивості по всьому об'єму інструменту і використовувати його відразу після переточування. Можливість поєднання гартуванням з наступним відпуском на необхідну твердість з ТЦО в останньому циклі дає змогу отримати готовий для експлуатації інструмент.

## НІТРОЦЕМЕНТАЦІЯ В ПАСТАХ З НАГРІВАННЯМ СТРУМАМИ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ ЯК ОДИН З НАЙБІЛЬШ ПРОГРЕСИВНИХ І ЕКОНОМІЧНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДЛЯ ВАЛІВ-ШЕСТЕРЕНЬ

*Говорун Т.П., ст. викладач, Татарченко А.М., студент, СумДУ, м. Суми*

На даний час актуальними є питання підвищення надійності та довговічності машин, приладів, установок, покращення їх якості та ефективності роботи, а отже, питання економії металів, боротьби з корозією і зносом деталей машин. Вирішення цих проблем перш за все пов'язане з зміцненням поверхневих шарів виробів різними методами: нанесенням на поверхню нового матеріалу з необхідними властивостями; зміною складу поверхневого шару металу, використанням лазерної, ультразвукової, іонно-плазмової та інших видів обробки. При дифузійній хіміко-термічній обробці (ХТО) на поверхні виробу утворюється новий, відмінний від серцевини, сплав практично будь-якого складу, що дає можливість забезпечити комплекс необхідних властивостей - фізичних, хімічних і механічних.

Найбільш поширеними методами ХТО для валів-шестерен є цементация і нітроцементация. При цементации підвищується твердість поверхневого шару, опір вигину і розтягуванню, а також втомна міцність деталей машин. Завдяки присутності азоту нітроцементована сталь має більш високі механічні властивості, ніж цементована сталь. Товщина шару при нітроцементации повинна бути менша, ніж при цементации, і, значно, підвищується межа міцності при вигині і розтягуванні. Після нітроцементации з безпосереднім гартуванням сталь має дрібніше зерно, ніж після цементации, що зменшує схильність до крихкого руйнування і підвищує також межу витривалості. В результаті нітроцементации збільшується твердість і виникають в поверхневому шарі залишкові напруги стискання, що призводить до підвищення зносостійкості, втомної міцності і корозійної стійкості деталей машин.

Дуже перспективними на сьогоднішній день є комбіновані методи зміцнення поверхневих шарів валів-шестерен з використанням ХТО. Нітроцементация в пастах з нагріванням СВЧ підвищує механічні властивості валів-шестерен і значно згинальну і контактну міцність, порівняно з нітроцементацией та поверхневим гартуванням, і дозволяє істотно зменшити деформації під час нагрівання та охолодження, що досягається за рахунок жорсткості холодної серцевини, усунути окислення та знеуглецювання, зменшити витрати енергії на нагрівання, бо шар, що нагрівається складає невелику частину від маси деталі, використовувати дешевші марки сталі, забезпечити властивості серцевини незалежно від властивостей поверхневого твердого шару. Нітроцементация в пастах з нагріванням струмами високої частоти (СВЧ) це короткочасний процес, тому нагрів навіть до дуже високої температури не призводить до зростання зерна в сталі.

## УПРОЧНЕНИЕ ШТОКА-ПОРШНЯ КОМПРЕССОРА ЗГШ 1,6-1/4-25С ИОННЫМ АЗОТИРОВАНИЕМ

*Ефименко А.М., студент, Пчелинцев В.А., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Шток-поршень является составной частью компрессора ЗГШ 1,6-1/4-25С.

Данная компрессорная установка предназначена для сжатия углеводородных газов, в том числе пропилена (90%), пропан от давления избыточного 0,1...0,39 МПа (1..4 кгс/см<sup>2</sup>) до давления избыточного 2,45 МПа (25 кгс/см<sup>2</sup>), используемого в технологических линиях производств.

Материал, для изготовления штока – поршня, должен обладать высокой прочностью, износоустойчивостью, иметь высокую твердость и вязкую сердцевину.

Исходя из требований, предъявляемым к стали и условиям работы детали, для изготовления штока-поршня была выбрана сталь 38Х2МЮА. Эта сталь имеет высокую твердость и износостойкость. Хром и особенно алюминий образуют устойчивые нитриды, что придает стали очень высокую твердость (до HV 1100-1200). Молибден вводят в сталь для устранения отпусковой хрупкости; одновременно он повышает прокаливаемость.

Технологический процесс предусматривает такие операции - предварительную термическую обработку заготовки (закалка и высокий отпуск) и окончательную - азотирование.

Для сокращения продолжительности процесса было предложено применение ионного азотирования. Так время процесса сокращается с 50-60 до 16-24 ч. При этом улучшаются физико-механические свойства стали.

Закалку стали 38Х2МЮА выполняли с нагревом до 930 – 950<sup>0</sup>С с охлаждением в масле. Отпуск проводили при высокой температуре 640 – 660<sup>0</sup>С, охлаждающая среда – масло. Структура стали после высокого отпуска - сорбит отпуска. Твердость HRC 42 - 50. Эти операции необходимы для получения повышенной прочности и вязкости в сердцевине изделия.

Ионное азотирование является конечной стадией упрочнения детали, которое проводили на установке НГВ - 6.6/6 - И1. Технологический процесс ионного азотирования состоит из двух основных операций - катодного распыления и непосредственно ионного азотирования.

Температура ионного азотирования находилась в пределах 520 – 550<sup>0</sup>С. После проведения процесса была получена твердость HV 950 - 1000 и глубина насыщенного слоя – 0,25 – 0,3 мм. Анализ микроструктуры показывает, что наружный нитридный слой не имеет трещин и характеризуется повышенной пластичностью.

Ионное азотирование позволяет уменьшить время насыщения в 2 – 3 раза, получение диффузионных слоев заданного фазового состава и строения; высокий класс чистоты поверхности; большую экономичность процесса за счет значительного сокращения общего времени обработки.

## ВЛИЯНИЕ ТЦО (ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ) НА СВОЙСТВА СТАЛИ 20Х

*Жильцова В.И., студент, Пчелинцев В.А., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Основными недостатками технологии традиционных методов химико-термической обработки (ХТО) сталей являются большая продолжительность процессов диффузионного насыщения и необходимость применения дополнительной термической обработки с соблюдением строго регламентированных технологических режимов. Кроме того, еще одной актуальной задачей технологии ХТО является уменьшение деформации обрабатываемых изделий, т.к. это оказывает существенное влияние как на качество и работоспособность упрочняемых изделий, так и на технологичность их изготовления.

Использование термоциклической обработки (ТЦО) непосредственно в процессах (ХТО) при цементации (ХТЦО) позволяет за более короткое время, чем при изотермической выдержке, достичь необходимого диффузионного обогащения поверхностных слоев металлами или неметаллами из внешней активной среды, в случае цементации происходит насыщение поверхности углеродом.

Детали подвергали твердотной цементации при 1080 °С и после этого подвергали ТЦО по следующему режиму: 5-кратный нагрев до 780—800 °С, охлаждение на воздухе до 400 °С со скоростью 130 °С/мин, с последнего нагрева — охлаждение в масле (закалка). После ТЦО производили низкий отпуск при 180°С. Твердость поверхностного закаленного слоя 63—65 HRC.

Анализ влияния такой ХТЦО на свойства цементованных конструкционных сталей, на примере стали 20Х, показал, что она увеличивает ударную вязкость цементованного слоя в 1,5—2 раза и позволяет устранить сетку цементита. Износостойкость образцов после цементации, ХТЦО и закалки с низким отпуском в 1,6 - 1,8 раза выше по сравнению с контрольными образцами, не прошедшими ТЦО, а закаленными и отпущенными по стандартному температурному режиму (с изотермической выдержкой). Экспериментально показано также, что метод окончательной ТЦО цементованных сталей увеличивает пластические свойства на 25—85%, ударную вязкость на 20—30%, снижает порог хладноломкости на 20—30 °С и длительность процесса в 1,3—1,5 раза.

Применение ТЦО при цементации позволяет уменьшить коробление изделий, повысить ударную вязкость и усталостную прочность стали, существенно сократить длительность ТО и т. д. В случае использования ТЦО после цементации можно без ущерба для окончательных свойств увеличить температуру диффузионного насыщения стали углеродом. Повышение температуры ХТО позволяет сократить длительность обработки в 1,2—1,7 раза, и при этом качество цементованного слоя и переходной зоны улучшается.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ СТАЛИ Р6М5

*Гонтарь М.А., студент, СумГУ, г. Сумы*

Уровень современного производства предъявляет новые требования к повышению ресурса и надежности работы режущих инструментов и оснастки.

В данной работе произведен поиск новых путей улучшения и повышения работоспособности режущих инструментов из экономно легированной стали Р6М5 путем нанесения износостойких покрытий на основе азота; азота и углерода и нитрида ванадия или алюминия.

Проведены эксперименты на образцах из стали Р6М5 и произведено:

1. Диффузионное насыщение азотом (азотирование). Операция насыщения совмещена с одной из стадий низкотемпературного отпуска;
2. Диффузионное насыщение азотом и углеродом (низкотемпературная нитроцементация). Операция насыщения совмещена с одной из стадий низкотемпературного отпуска;
3. Покрытие режущей части инструмента нитридами титана или ванадия методом КИБ (конденсация вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой).

Следующей стадией исследования было проведение испытания образцов после покрытия разными методами:

- 1) Измерение микротвердости покрытия;
- 2) Микроструктурный анализ и определение величины микрохрупкости нанесенного слоя;
- 3) Определение износостойкости покрытия с помощью СМТ-1.

По предварительным результатам испытаний можно сделать следующий вывод:

- 1) Наибольшей микротвердостью обладает покрытие нитридами титана методом КИБ;
- 2) Наиболее прочная адгезия (связь) между инструментальным материалом и покрытием также при нанесении покрытия КИБ;
- 3) Все виды покрытий повышают износостойкость стали Р6М5 – азотирование в 1,5-2 раза, низкотемпературная нитроцементация в 2-3,5 раза, а покрытие методом КИБ – в 2-2,5 раз при более высоком качестве связи между основным металлом и покрытием.

*Работа выполнена под руководством ст. преподаватель Руденко Л.Ф.*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ УЗЛА ШТОК-СЕРЬГА ПРИ АЗОТИРОВАНИИ

*Раб В.Н., ст. преподаватель, Котенко В.Е., студент, СумГУ, г. Сумы*

Исследуемый узел шток-серьга предназначен для передачи поступательного движения от кривошипно-шатунного механизма к поршню в двигателях и компрессорах. Он эксплуатируется в достаточно жестких условиях и агрессивных средах, поэтому для обеспечения его функционального назначения и надежной работы требуется высокая поверхностная твердость и износостойкость с достаточно вязкой сердцевиной, коррозионная стойкость, высокая точность и качество исполнительных поверхностей. Работоспособность узла шток-серьга во многом определяется состоянием поверхностного слоя.

Одним из наиболее эффективных способов упрочнения поверхности является ионно-плазменное азотирование.

К числу достоинств ИПА в плазме тлеющего разряда следует отнести следующие:

- возможность управления процессом насыщения, которая обеспечивает получение покрытия высокого качества;

- большая скорость насыщения;

- обеспечение абсолютно одинаковой активности газовой среды всей поверхности детали, охваченной тлеющим разрядом, это в конечном итоге обеспечивает получение равномерного по толщине азотированного слоя;

- резкое сокращение длительности азотирования деталей (в 2-2,5 раза);

- снижение деформации изделий в процессе обработки и высокий класс шероховатости поверхности;

- большая экономичность процесса, повышение коэффициента использования электроэнергии, сокращение расхода насыщающих газов.

Актуальностью исследования является разработка технологических вариантов регулируемых процессов азотирования, которые позволяют обеспечить формирование определенной структуры и фазового состава азотированного слоя для требуемых физико-механических характеристик узла шток-серьга.

В качестве наиболее оптимальной марки стали для узла шток-серьга выбрана сталь 38Х2МЮА.

В зависимости от длительности насыщения формируется либо двухслойное покрытие из оксидной пленки различной толщины, под которой располагается зона внутреннего азотирования, либо трехслойное – с дополнительной поверхностной зоной нитридов железа.

В результате проведенной работы исследовано влияние ряда технологических параметров ионного азотирования на структуру, микротвердость и ударную вязкость образцов выбранной марки стали.



## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ КОМПРЕССОРОВ МЕТОДОМ ХРОМИРОВАНИЯ

*Пархомчук Ж.В., студент, СумГУ, г. Сумы*

Функционирование важнейших отраслей промышленности невозможно представить без компрессорных машин. Центробежные и винтовые компрессорные машины успешно эксплуатируются в ведущих отраслях промышленности: металлургической, химической, нефтехимической, газовой, нефтяной и угледобывающей.

Одним из критериев обеспечения работоспособности, эксплуатационной надежности и ресурса эксплуатации компрессорных машин является соответствующее материальное исполнение.

Основными факторами, влияющими на работоспособность компрессорного оборудования, являются:

- коррозионная стойкость материалов и сплавов в компримируемой среде с учетом ее параметров (парциального давления коррозионно-агрессивных компонентов);
- требуемые механические свойства материалов;
- эксплуатационные требования к материалам (эксплуатационная надежность и обеспечение необходимого ресурса работы).

Известно, что при эксплуатации компрессоров наибольшее влияние на коррозионную стойкость материалов оказывают коррозионно-агрессивные среды:

- сероводород ( $H_2S$ ), углекислый газ ( $CO_2$ );
- нитрозные газы состава:  $HNO_3$  (конденсат),  $N_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  и пары воды;
- хлористый метил ( $CH_3Cl$ );
- влажный газообразный кислород ( $O_2$ );
- влажный газообразный хлор ( $Cl$ ).

Наиболее опасным разрушением изделия при работе в агрессивной газовой среде - процесс коррозионного растрескивания стали, который значительно ускоряется при повышении температуры.

Одним из прогрессивных методов повышения коррозионной стойкости, механических и триботехнических свойств поверхности металлов является химико-термическая обработка сталей (ХТО). Применение методов ХТО позволяет заменить дорогостоящие высоколегированные стали на более дешевые, повысить эксплуатационные свойства изделия.

С целью замены дорогих высоколегированных сталей, используемых для изготовления ответственных деталей компрессорной техники, нами предложено использование более дешевых сталей типа сталь 45, 20Х13 с ХТО поверхности, которые при проведении исследований сравнивали с высоколегированной сталью 12Х18Н10Т.

В качестве ХТО применяли диффузионное хромирование контактным

способом для всех трех марок стали. Технология контактного хромирования, в отличие от неконтактного, достаточно проста и не требует дополнительного оборудования, а также обеспечивает высокое качество хромированного слоя.

Для проведения ХТО применяли порошок феррохрома с зернистостью 16 – 12 мкм. В качестве хромирующего состава использовалась смесь: 50% FeCr + 43% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 7% NH<sub>4</sub>Cl. Режимы ХТО и толщина полученного хромированного слоя приведены в таблице.

Таблица – Режимы ХТО и толщина полученного хромированного слоя для различных марок стали.

Марка стали	Режим ХТО		Толщина слоя h, мм
	температура t, °С	время выдержки τ, ч	
45	1050	6	0,04
20Х13	1050	6	0,06
12Х18Н10Т	1050	6	1,60

Для сравнительной оценки методов и режимов хромирования предложено проведение испытаний полученных образцов на микрохрупкость, коррозионную стойкость и износостойкость по известным методикам. Проведение таких испытаний, по нашему мнению, позволяет смоделировать процесс воздействия агрессивной рабочей атмосферы на материал и его покрытие.

Показатели микрохрупкости для различных диффузионных покрытий определялись с использованием прибора ПМТ-3. Методика позволила оценить микрохрупкость покрытий на различных сталях при одинаковом физическом состоянии, т.е. в момент равновероятного появления отпечатков с трещинами или без них. Показатель хрупкости указывает на соотношение хрупких и пластических свойств исследуемых материалов. В качестве критерия микрохрупкости диффузионного покрытия предложено использовать безразмерный показатель, который связывает нагрузку образования трещин, зону повреждения, максимальную нагрузку на инденторе и соответствующую величину диагонали отпечатка.

Для определения показателей износостойкости полученных покрытий проводились испытания на трение (ГОСТ 11012-74) на испытательной установке СМТ-1.

Результаты проведенных исследований показали, что наибольшей износостойкостью и коррозионной стойкостью обладает сталь 20Х13 (практически в два раза выше, чем сталь 45), но имеет более низкий показатель трещиностойкости.

*Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Гапоновой О.П.*

## УПРОЧНЕНИЕ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА НАПЛАВКОЙ ТИТАНОСОДЕРЖАЩИМ БЕЛЫМ ЧУГУНОМ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

*Криворук И.Н., студент, СумГУ, г. Сумы*

Упрочнение поверхностей рабочих шеек коленчатых валов производят с помощью специальных способов механической обработки (наклеп с последующей полировкой поверхностей), а также термических и термохимических способов (азотирование и поверхностная закалка токами высокой частоты).

При упрочнении азотированием и другими аналогичными способами высокий эффект поверхностного упрочнения достигается лишь для металла определенного состава. В то же время при наплавке состав и свойства основного металла не имеют большого значения. Путем наплавки возможно нанесение износостойкого покрытия на основной металл любого состава. При этом, благодаря значительной толщине (до 5...10 мм), повышается предел прочности при кручении.

Большое влияние на износостойкость наплавленного слоя в условиях изнашивания оказывает карбидная фаза; тип карбидов определяет не только сопротивление изнашиванию, но и устойчивость структуры в условиях теплового воздействия. Титан образует достаточно твердые и стойкие карбиды, является легирующим элементом, который можно ввести в металл посредством наплавки.

Повышение эффективности наплавки осуществляется путем ее сочетания с другими способами поверхностной обработки, такими как химико-термическая обработка. В частности можно производить насыщение наплавленной поверхности бором. В результате этого процесса на поверхности обрабатываемого изделия формируются химические соединения — бориды, обладающие высокими износостойкими и коррозионно-стойкими характеристиками. Высокой эффективностью применительно к легированным чугунам отличается процесс азотирования, приводящий к образованию довольно глубоких слоев, обладающих высокой поверхностной твердостью. На твердость наплавленных слоев в этом случае оказывают дополнительное влияние нитриды титана.

Таким образом, химико-термическая обработка наплавленного белого чугуна с высоким содержанием титана позволяет достичь высоких показателей твердости, износостойкости поверхности и увеличивает максимальную прочность детали, работающей на кручение.

*Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Марченко С.В.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ СТАЛИ Х6ВФ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

*Чугай А.В., студент, СумГУ, г. Сумы*

Пресс-форма - инструмент для получения изделий различной конфигурации из металлов, пластмасс и других материалов под действием давления, создаваемого на литьевых машинах.

Матрица - основная деталь пресс-формы, которая служит для выполнения внешней поверхности изделия, претерпевает наиболее сильные нагрузки и выходит из строя в первую очередь.

К основным механическим повреждениям при работе матрицы можно отнести возникновение микротрещин на рабочей поверхности, задиры, возникающие в результате трения пуансона, коробления рабочей части из-за несбалансированности работы пуансона.

Наиболее простые матрицы изготавливают из сталей: 9ХС, ХВГ, Х12М, Х6ВФ. Материалом матрицы целесообразно выбрать сталь Х6ВФ. Сталь Х6ВФ относится к группе сталей повышенной износостойкости. Преимуществом стали Х6ВФ является высокий уровень прочности и ударной вязкости.

Целью работы было изучение особенностей влияния структур стали Х6ВФ, формирующихся после стандартной термической обработкой и закалки из межкритического интервала температур, на ее износостойкость.

В качестве предварительной термической обработкой для стали Х6ВФ выбран изотермический отжиг при температуре 830-850°C с последующим охлаждением до 700-720°C; выдержка 2-3 ч; охлаждение на воздухе. Твердость после отжига не более НВ 241, структура – зернистый перлит.

В качестве окончательной термической обработки применяется закалка и низкотемпературный отпуск. Закалка при температуре предварительного подогрева под закалку 650-700°C, температура закалки 980-1000°C. Среда охлаждения – масло. Твердость после закалки HRC 63-65 и температура отпуска 150-170°C, время выдержки 1,5 ч, среда охлаждения – воздух. Твердость после отпуска HRC 62-63. Структура после закалки – мартенсит, карбиды, аустенит остаточный.

Отпуск при температуре 150-170°C, охлаждение на воздухе.

Закалку из межкритического интервала температур проводим в промежутке  $A_{c1}$ - $A_{c3}$ .

В результате мы получаем гетерогенную структуру в стали после закалки из межкритического интервала температур на этапе фиксации оболочек аустенита вокруг частиц цементита, что способствует повышению износа, в то время как закалка от температур, превышающая  $A_{c3}$ , позволяет сохранить гетерогенность структур в виде мартенсит-дисперсный мартенсит-остатки частиц, ведущих к его уменьшению.

*Работа выполнена под руководством доцента Будника А.Ф.*

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРОЧНЕНИЯ НОЖА РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ НА ЕГО ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

*Ефименко М.Н., студент, СумГУ, г. Сумы*

Поиск износостойких материалов и технологий, обеспечивающих увеличение срока службы машин и механизмов, является первостепенной научной задачей, решение которой позволяет повысить экономическую эффективность их использования.

Дробилка - машина для дробления твёрдых материалов, главным образом полимерного вторсырья. Роторные дробилки оснащены ножами из износостойких марок стали. Конструкция ножей обеспечивает высокую производительность при дроблении материалов и удобное обслуживание.

Рассматриваемый нож работает в условиях поверхностного разрушения под воздействием динамического потока твердых частиц (эрозионный износ) и ударно-стирающего изнашивания при дроблении.

Ножи для измельчения и смешивания углеродного волокна изготавливают из сталей 9ХФ, ХВГ, 9ХС, стали типа У8А – У10А. Наиболее оптимальным материалом является сталь У8А, преимуществом которой является низкая стоимость, высокая твердость, износоустойчивость.

Термообработка для ножа из стали У8А состоит из отжига, заковки и отпуска.

Предварительная термическая обработка для ножа из стали У8А – отжиг при температуре 740 – 760°C, выдержка 1-2 часа и последующее охлаждение на воздухе. Твердость после отжига НВ 187-217. Микроструктура - зернистый перлит + карбиды.

Полная закалка заключается в нагреве до 790-820°C (время выдержки 1-2 ч) и резком охлаждении в воде. Твердость составляет HRC 62-65. Структура состоит из мартенсита.

После заковки проводим низкотемпературный отпуск при температуре 250 – 320°C. Структура после термической обработки — мартенсит и карбиды, твердость HRC 56—58.

В качестве методов поверхностного упрочнения возможно применение хромирования. Хромированные покрытия незаменимы для защиты компонентов промышленных и потребительских изделий от износа, ударной нагрузки и коррозии. Однако существенным недостатком хромирования является высокая стоимость процесса. Поэтому в работе альтернативой хромированию взята закалка с нагревом ТВЧ.

Упрочняющая термообработка ТВЧ повышает износостойкость деталей, придает им прочность и твердость. Использование индукционного нагрева позволяет повысить производительность труда и улучшить его условия за счет полной автоматизации процесса, улучшить качество деталей.

*Работа выполнена под руководством доцента Будника А.Ф.*

## ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА – БОРУВАННЯ СІРОГО ЧАВУНУ ДЛЯ ГІЛЬЗИ ЦИЛІНДРА ДВС

*Коваленко М.О., студент, СумДУ, м. Суми*

Підвищення працездатності деталей машин у наш час залишається актуальною темою. При цьому одними з найбільш ефективних є методи, що змінюють структуру й властивості тільки поверхні виробу, але не викликають перетворення всього об'єму матеріалу. Поверхнева хіміко-термічна обробка є одним з найпоширеніших методів підвищення зносостійкості деталей машин.

Гільза циліндра є важливою складовою ДВС. Гільза циліндра сприймає дію сили, що притискає до неї поршень, сильно нагрівається й піддається корозії через вплив газів. Внутрішні стінки гільзи зношуються внаслідок тертя, що виникає при русі поршня й поршневих кілець. Матеріалом, з якого виготовляють найчастіше гільзу, є сірий чавун з перлитною металевою основою, що забезпечує йому достатні значення показників міцності. Він добре обробляється, є відносно зносостійким при терті зі змащуванням, але цього виявляється недостатньо для надійної безперебійної роботи двигуна при довготривалій експлуатації. Таким чином, залишивши технологічний сірий чавун, потрібно використати обробку, яка підвищить зносостійкість деталі.

Найбільш доцільно використовувати борування - хіміко-термічну обробку, що полягає в дифузійному насиченні поверхневого шару бором при нагріванні у відповідному середовищі. Завдяки боруванню підвищується твердість, зносостійкість, межа витривалості й корозійна стійкість чавунної гільзи. Технологія процесу борування з паст передбачає виконання наступних операцій: готування обмазки, підготовку зміцнювальної поверхні до насичення, нанесення й сушіння обмазки, нагрівання й витримку підготовлених до насичення деталей по заданому режимі, охолодження й очищення деталей від пасти. Борування проводиться з використанням пічного нагрівання (у герметичних контейнерах із захисними обмазками). При температурі борування в пастах 850 - 1050 °С і витримці 2-4 години одержано борований шар 0,05 - 0,2 мм (зовнішня зона шару складається з борида FeB, а внутрішня - з борида Fe<sub>2</sub>B).

Таким чином, у результаті проведеної хіміко-термічної обробки – борування підвищено твердість робочої поверхні до HV 1800-2000, що збільшило зносостійкість та корозійну стійкість гільзи з сірого чавуну.

*Робота виконана під керівництвом ст. викладача Марченко С.В.*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС УПРОЧНЕНИЯ КОЛЕСА КОЗЛОВОГО КРАНА

*Любич А.И., доцент, Тищенко Ю.В., студент, СумГУ, г. Сумы*

Ходовые колеса козлового крана служат для передвижения кранов всех видов. Они являются тяжело нагруженными и быстро изнашиваемыми деталями. Для колес кранов применяют штампованные и цельнокатанные заготовки из стали 75, 65Г или литые из сталей 55Л.

Крановое колесо работает в условиях пластического и абразивного изнашивания. Пластическое изнашивание происходит вследствие истирания реборд и рабочих поверхностей об рельсы. При абразивном виде изнашивания на трущихся поверхностях происходит процесс микрорезания и царапания более твердыми частицами контактирующей поверхности или частицами, попавшими из внешней среды (песок, продукту износа).

С целью продления срока службы кранового колеса, рабочую часть упрочняют. Существуют такие методы упрочнения деталей как: термическая обработка металлов и сплавов; пластическая деформация или поверхностный наклеп; химико-термическая обработка металлов; газотермическое напыление; наплавка; напыление конденсацией из паровой фазы. Однако существующие методы упрочнения ходового колеса козлового крана не полностью обеспечивают технические требования предъявляемые к детали.

Выбран метод упрочнения с помощью наплавки рабочей поверхности качения более твердым металлом, которая обеспечит более высокую стойкость к абразивному изнашиванию. Эффективным методом поверхностного упрочнения деталей машин является наплавка материалов с высокими эксплуатационными свойствами. Этот метод экономичен, так как наплавке подвергают только те поверхности, которые работают в условиях интенсивного изнашивания и, как правило, масса наплавленного материала составляет малую долю от массы детали.

Для увеличения моторесурсов работы козлового крана и в том числе его ходовых колес предлагаем упрочнение путем наплавки порошковой лентой ПЛ-АН171 с применением автомата А-874 и источника питания ВС-600. Благодаря составу наплавочной ленты и сварочному выпрямителю ВС-600 для автоматической наплавки, полученный наплавочный слой имеет равномерное расположение, без шлаковых включений и пор.

После окончания наплавочных работ проводится термическая обработка, которая заключается в закалке ходового колеса с нагревом изделия до температуры около 800°С и последующим охлаждением в воде. Среднетемпературный отпуск проводится при температуре около 400°С.

В результате проведенное упрочнение путем наплавки ходового колеса порошковой лентой твердость наплавленной поверхности увеличилась до 63НRC, а износостойкость по сравнению со сталью 55Л увеличилась в 1,4 раза.

## ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ ГИЛЬЗЫ ДРОССЕЛЬНОЙ

*Любич А.И., доцент, Клименко В.С., студент, СумГУ, г. Сумы*

Гильза дроссельная (разгрузочный диск или гидравлическая пята) - специальные гидравлические устройство, обеспечивающие полное равновесие ротора при всех режимах работы. Разгрузочное устройство предназначено для уравнивания осевых сил насоса. Уравнивание осевой силы разгрузочным диском применяется в многоступенчатых насосах, так как при этом обеспечивается минимальный габарит ротора в осевом направлении и разгрузка сальника со стороны нагнетания от действия высокого давления.

Для разгрузочных дисков применяют стали аустенитного класса, которые должны обладать коррозионной стойкостью, жаростойкостью, жаропрочностью, износостойкостью. Примерами таких сталей являются стали 08X18H10, 14X17H2, 12X18H10T.

Разгрузочные диски работают в агрессивных средах. Причиной выхода их из строя является абразивное изнашивание, давление осевых сил, а также агрессивная среда.

С целью обеспечения длительного срока службы гильзы дроссельной ее поверхность подвергают износостойкой наплавке рабочей поверхности и термической обработке, которые обеспечат требуемые свойства детали.

Для изготовления данной детали применяем сталь 10X17H13M2T, которая имеет высокие служебные характеристики (прочность, пластичность, коррозионная стойкость. Для наплавки в производственных условиях применяют прутки из сплава Стеллит 6/Stellit 6. В качестве защитного газа используют газообразный аргон- сорт высший или первый ГОСТ 10157-79. В качестве неплавящегося электрода используют итрированный вольфрам СВИ-1 ТУ48-19-221-83.диаметром 4 мм. Наплавку выполняют вручную на постоянном токе прямой полярности. С целью увеличения производительности и относительной износостойкости дроссельной гильзы предложен автоматизированный способ наплавки ее поверхности. Наплавка выполняется порошковой проволокой ПП АН-132 при помощи полуавтомата А -765 с использованием источника питания постоянного тока ВС -500. В результате упрочнения поверхности дроссельной гильзы путем наплавки образованный слой имеет равномерную толщину упрочненного слоя, без пор и раковин, а также без трещин в зоне видимой границы сплавления с основным металлом и по износостойкости превосходит металл наплавленный сплавом Стеллит в 1,25 раза.

Окончательным видом термической обработки является аустенизация (закалка) и стабилизирующий отжиг. Цель такой обработки – получение равномерной аустенитной структуры, снятие внутренних напряжений после наплавки и устранение склонности к межкристаллитной коррозии.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ШЕСТЕРНЯ ВЕДОМАЯ ЗАДНЕГО МОСТА АВТОМОБИЛЯ МАЗ» ИЗ КОВКОГО ЧУГУНА МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

*Сенаторов А., студент, Гапонова О.П., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы*

Шестерня ведомая заднего моста является одной из важнейших деталей автомобиля МАЗ. Для зубчатых колёс можно применять конструкционные цементуемые или улучшаемые стали. Технологический процесс производства деталей такого типа из конструкционных сталей, включающий изготовление поковок из проката, механическую обработку и химико-термическую обработку, достаточно сложен. Это обусловлено высокими требованиями, которые предъявляются к материалам деталей, работающих в условиях больших динамических и контактных нагрузок. В то же время, чугун, как конструкционный материал, обладает рядом уникальных свойств, необходимых для непрерывной работы шестерен и зубчатых колес. Поэтому с целью экономии проката и увеличения эксплуатационных свойств деталей в последние годы разрабатываются технологии, позволяющие применять литые изделия из чугуна взамен стальных кованных деталей. В связи с этим особого внимания заслуживает горячая пластическая деформация (ГПД) чугуна, существенно повышающая механическую прочность, пластичность и эксплуатационные свойства.

Новая литейно-деформированная технология включает: получение чугунных отливок, их отжиг, деформацию, изотермическую закалку и механическую обработку. Для исследования применялся легированный Ni, Cu и Mo ковкий чугун с перлитной металлической основой. После плавки чугун подвергали отжигу. Основная задача отжига состояла, во-первых, в создании вязкой сердцевины, во-вторых, обеспечения высокой износостойкости поверхности зубчатого венца. Для этого применяется известный способ охлаждения отливки, путем регулирования градиента скорости ее охлаждения. Из отожженных отливок вытачивали заготовки в виде втулок, после чего проводили горячее выдавливание. Поковки имели форму, близкую к готовой детали. Для получения в шестерне наиболее благоприятной структуры с заданным расположением графитных включений была предложена концепция градиента степени деформации по сечению заготовки. Для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств проводили изотермическую закалку. При этом чугун нагревали до 920..950°C, выдерживали 30 мин. и охлаждали в расплавленных солях, имеющих температуру 300...350°C, и после выдержки 1,5...2 часа охлаждали на воздухе. Таким образом, разработана перспективная технология изготовления шестерни автомобиля МАЗ из ковкого чугуна, позволяющая повысить эксплуатационные свойства изделия и снизить его себестоимость.

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ НА ТВЕРДОСТЬ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

*Гапонова О.П., ст. преподаватель, Троцкий А.Н., студент, СумГУ, г. Сумы*

Быстрорежущие стали широко применяют для режущих инструментов, работающих в условиях значительного силового нагружения и разогрева рабочих кромок, а также для ряда деталей, работающих при повышенных температурах. Высокие режущие свойства быстрорежущих сталей обеспечиваются за счет легирования сильными карбидообразующими элементами: вольфрамом, молибденом, ванадием и некарбидообразующим кобальтом.

В настоящее время интенсивно развиваются ресурсосберегающие технологии, направленные на замену дорогостоящих высоковольфрамовых быстрорежущих сталей типа P12, P18 на экономнолегированные (P6M5). Несмотря на то, что по теплостойкости экономнолегированные стали несколько уступают сталям P18, применение прогрессивных методов упрочнения позволит повысить физико-механические свойства стали и, кроме того, снизить затраты на проведение термической обработки.

Одним из таких методов является термическая обработка в магнитном поле (МП). Результаты многочисленных исследований показали, что применение магнитного поля способствует изменению физико-механических свойств, что связано с влиянием магнитного поля на превращения в стали и структуру, формирующуюся при термической обработке.

Термомагнитная обработка инструментальных сталей проводится по следующим двум схемам:

1) изделие разогревают до температуры закалки постоянным током, при этом в нем образуется магнитное поле; не выключая тока, а лишь снижая его, производят охлаждение в воде;

2) изделие нагревают переменным током; одновременно с его выключением включают соленоид постоянного тока, создающий индукцию 0,34 тл (3400 гс) и расположенный вокруг изделия.

Для исследования выбрана сталь P9. Электромагнит и соленоид помещали в баки с маслом. Отпуск в переменном магнитном поле повышает твердость, ударную вязкость и уменьшает длительность процессов, обуславливающих распад остаточного аустенита (рисунок).

Исследования влияния МП на структуру показали, что, по-видимому, в мартенсите при наложении поля во время превращения протекают процессы типа самоотпуска, играющие тем большую роль, чем выше содержание углерода в стали (когда после обычной закалки самоотпуск подавлен). При наложении МП возможно образование более дисперсной структуры.

В сталях с повышенным (>0,6%) содержанием углерода наложение поля во время аустенито-мартенситного превращения инициирует процессы

самоотпуска мартенсита, в связи с чем и повышаются характеристики прочности и пластичности в закаленном или низкоотпущенном состоянии. Уменьшение количества остаточного аустенита под воздействием поля также способствует некоторому повышению прочности и пластичности стали в закаленном и низкоотпущенном состоянии (рисунок).

Бернштейном М.Л. показано, что МП оказывает влияние механические свойства стали и количество остаточного аустенита после термообработки. Наложение постоянного поля улучшает механические свойства инструментальной стали. Кроме того, магнитный отпуск ускорял распад остаточного аустенита, что подтверждает результаты наших исследований.

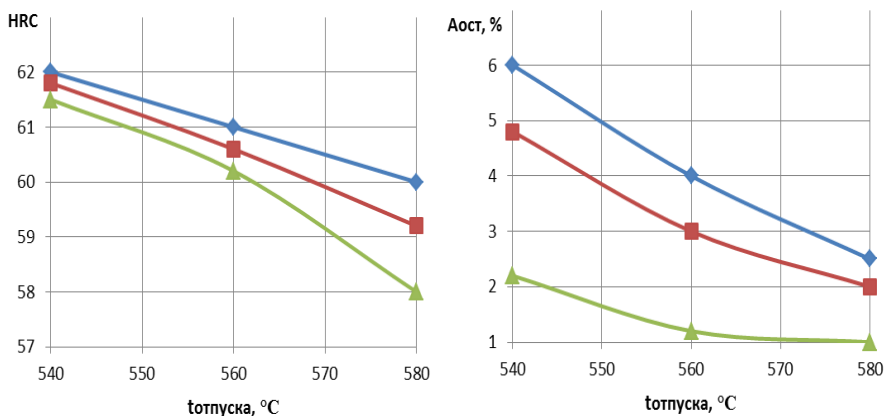


Рисунок - Зависимость свойств стали P9 от режима отпуска и наложения магнитного поля:  $\blacklozenge$  – однократный отпуск 2 ч;  $\blacksquare$  – трехкратный отпуск по 2 ч;  $\blacktriangle$  – однократный отпуск продолжительностью 1 ч в переменном магнитном поле

Магнитное поле при наложении его в процессе отпуска быстрорежущей стали вносит существенные изменения в фазовые превращения. Поле, действовавшее как при выдержке, так и при охлаждении, существенно ускоряет распад остаточного аустенита.

Наибольший эффект по сравнению с обычным отпуском получался при 560°C (рисунок). Наложение постоянного и переменного поля ускоряет превращение остаточного аустенита при температурах выше 540°C. Особенно эффективно поле действовало при охлаждении.

Таким образом, термическая обработка инструментальной стали существенно повышает твердость, снижает количество остаточного аустенита за счет изменения механизма и кинетики превращений при термической обработке стали.

## ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЛАСТИН ПРЕССФОРМ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

*Мартинovich И.Ю., студент, Раб В.Н., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы*

Работа проводилась по повышению износостойкости пластин прессформ, работающих в агрессивных средах. В настоящее время пластины изготавливаются из стали 20Х ГОСТ 4543-71 с возможностью замены на сталь 20 ГОСТ 1050-74 с последующей цементацией на глубину 0,9...1,4 мм; после чего проводят закалку и низкий отпуск на твердость HRC 58-62.

Анализ результатов патентных исследований по упрочнению пластин позволяет сделать вывод о том, что для повышения износостойкости пластин по изготовлению силикатного кирпича рационально внедрить процесс газовой нитроцементации с применением комплексного карбюризатора триэтанолamina с последующей закалкой и низким отпуском.

Нитроцементация - процесс одновременного насыщения поверхности деталей углеродом и азотом, что позволяет получить более высокую износостойкость насыщенного слоя вследствие наличия в нем азота. При одинаковой температуре имеем большую скорость процесса насыщения слоя из-за активизирующего действия азота. Наблюдается меньшая деформация деталей при непосредственной закалке вследствие более низкой температуры процесса, значительно меньший рост зерна из-за меньшей продолжительности и более низкой температуры процесса.

Газовая нитроцементация по сравнению с жидкостным цианированием также имеет важные преимущества: устраняется необходимость применения ядовитых солей; процесс можно применять для более широкой номенклатуры деталей; насыщение слоя углеродом и азотом можно регулировать путем изменения скорости подачи карбюризатора; возможность применения высокопроизводительного оборудования непрерывного действия; легче осуществить полную механизацию и автоматизацию процесса.

Под действием азота увеличивается прокаливаемость нитроцементованного слоя по сравнению с цементованным. В итоге получаем мартенсит, обладающий высокой твердостью и износостойкостью, сохраняя большой срок службы, обусловленный работой при более низкой температуре.

Используемый при этом триэтанолamin является бес сажистым карбюризатором, не токсичен, не горюч, не содержит серы, относительно дешев, не дефицитен, не взрывоопасен.

Промышленные испытания триэтанолamina подтвердили его несомненные преимущества и его применение по сравнению с цементацией в газовой среде позволяет получить повышенную твердость и увеличивает износостойкость стальных деталей в 2-2,5 раза.

## ФТОРОПЛАСТОВІ КОМПОЗИТИ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ТРИБОСИСТЕМ З БІНАРНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

*Гутенко Л.І., студент, СумДУ, м. Суми*

Найбільш перспективними триботехнічними матеріалами, з точки зору дизайну матеріалів, вбачаються модифіковані полімери, які містять різні наповнювачі. Широке використання вуглефторопластових (ПТФЕ+ВВ) композитів при виготовленні ущільнюючих та сальникових елементів поршневих компресорів спонукало до пильного вивчення їх складу, структурування, технології керування властивостями при їх дизайні та пристосуванні до роботи в специфічних умовах тертя та зношування.

Присутність у полімерній матриці ПТФЕ наповнювача та його модифікація фазовий склад, параметри надмолекулярної структури і формування міжфазного шару полімеру, зменшує ступінь деформації поверхневого шару і розширює ділянку пружної та пружно-пластичної деформації при фрикційному контакті з металічним контртілом.

У ході проведених досліджень встановлено, що гетерогенна структура бінарного (з порошковим та волокнистим ВВ) наповнювача фторопластового композиту сприяє більшій зносостійкості матеріалу, ніж без порошкового наповнювача.

Введення до складу вуглецевофторопластової композиції порошку твердого мащення (бронзи, коксу, графіту, дисульфиду молібдену, карбиду титана) знижує сили тертя між частками наповнювача в композиції та між композицією і стінками прес-форми. Це сприяє вирівнюванню епюри тиску пресування по висоті прес-форми і одержанню рівнощільної пресовки. Таке науково-технічне рішення дозволяє суттєво підвищити зносостійкість матеріалу і значно подовжити довговічність вузлів тертя. При цьому на суміжній поверхні, за даними наших досліджень з допомогою РЕМ-мікроскопії, відбувається утворення переносної плівки композиту, що зменшує інтенсивність зношування. Крім того, використання наповнювачів з високою поверхневою енергією збільшує енергію взаємодії між ПТФЕ і ВВ, а отже, і адгезійну міцність та працездатність плівок фрикційного переносу.

Таким чином, у результаті проведених досліджень виявлено суттєвий вплив вуглецевих волокон та порошоків твердого мащення на зносостійкість фторопластового композиту. Антифрикційні властивості матеріалів, що містять волокнистий і порошоків наповнювачі, у всіх випадках випробувань переважають над антифрикційними властивостями матеріалів, що містять тільки волокно. Спільне введення до складу фторопластового композиту волокнистого та дисперсного наповнювача сприяє зниженню його вологопоглинання до 15% та підвищення довговічності вузлів тертя при роботі у вологих середовищах до 20 %.

*Робота виконана під керівництвом доцента Будника А.Ф.*

## УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Бондарь О.В., ассистент, ПНТУ, г. Полтава*

В серийном производстве вся применяемая технологическая оснастка, как правило, специальная. Она проектируется применительно к выполнению конкретных деталяеопераций без учета возможности переналадки и при смене объектов производства в основной своей массе списывается в лом. Кроме этого, в процессе установившегося производства, в связи с усовершенствованием выпускаемых изделий, сварные конструкции претерпевают различного рода изменения, требующие переделки значительной части (35-40%, а иногда 60-70%) изготовленной при освоении производства технологической оснастки.

В связи с этим между потребностью и производством технологической оснастки в настоящее время наблюдается прогрессирующая диспропорция, а именно, отставание темпов производства от роста потребности. Это сдерживает темпы роста производительности труда и эффективности производства, ведет к большим потерям в народном хозяйстве и удлинению сроков освоения новых изделий до 4-6 лет.

Для условий серийного производства необходима такая оснастка, которая, с одной стороны, обладала бы той универсальностью и возможностью переналадки приспособлений, что и УСПС, а с другой стороны, отвечала бы требованиям, предъявляемым к специальной технологической оснастке, т.е. обладала бы минимальной металлоемкостью и стоимостью изготовления элементов, обеспечивала простоту и удобство сборки приспособлений, гарантировала надежность соединения элементов в приспособлениях на протяжении всего периода их эксплуатации.

В сложившихся условиях весомое значение приобретает правильный выбор конструктивного варианта разрабатываемых приспособлений; оптимальных, научно обоснованных конструктивно-технологических и эксплуатационных параметров их; исследование надежности и работоспособности основных элементов оснастки.

В сложившейся ситуации в большинстве отраслей машиностроения на долю работ по проектированию и изготовлению технологической оснастки приходится до 80% общей трудоемкости и до 75-90% всей длительности процесса подготовки производства. На изготовление технологической оснастки в стране расходуются значительные материальные и трудовые ресурсы. Только на пополнение парка технологической оснастки ежегодно расходуется более 900 млн. грн., из которых на долю сборочно-сварочной оснастки приходится примерно 20-25%.

Внедрение данных видов оснастки создает условие для ускоренного обеспечения производства технологической оснастки при одновременном резком сокращении трудовых и материальных ресурсов.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФУЛЕРЕНУ В РОЗЧИНІ

*Сфіменко О.В., аспірант, Самусенко Д.О., студент, НАУ, м. Київ*

Перспективи використання вуглецевих наноматеріалів – зокрема фулерену, надзвичайно багатообіцяючі. Особливо цікавим напрямком наукових досліджень є застосування фулеренів в якості присадок до паливно-мастильних матеріалів, тому виникла необхідність ідентифікації їх у вуглеводневих розчинах.

Для визначення вмісту фулерену в розчинах використовували ІЧ-спектроскопію – різновид молекулярної оптичної спектроскопії, оснований на взаємодії речовини з електромагнітним випромінюванням в ІЧ діапазоні. Кожна речовина має певний набір власних частот, тому ІЧ-спектр поглинання є індивідуальною характеристикою речовини [1]. Вимірювання спектру ІЧ-поглинання зводилось до вимірювання інтенсивності ІЧ-випромінювання, що пройшло через досліджувану речовину, залежно від частоти випромінювання  $\nu$  або довжини хвилі  $\lambda$  (рисунок).

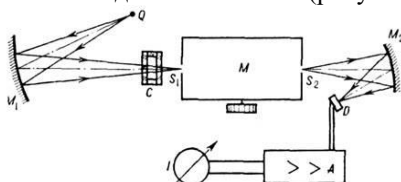


Рисунок – Принципова схема однопроменевого ІЧ-спектрометра

Випромінювання від джерела з неперервним ІЧ-спектром пропускали через кювету з досліджуваною речовиною [2].

При проведенні досліджень спектральних характеристик одного з найбільш поширених і продуктивних способів ототожнення фулеренів, було отримано спектр інфрачервоного поглинання молекул  $C_{60}$  при енергіях 1429, 1183, 577 і 528  $cm^{-1}$ , що доводить високу симетрію цієї молекули.

З проведених досліджень можна зробити висновок, що перевагою ІЧ-спектрального методу є можливість якісної ідентифікації фулеренів з метою їх виявлення в досліджуваному об'єкті. Це відноситься і до складних сумішей, що містять молекули фулеренів, тобто для виявлення фулеренів за допомогою цього методу не вимагає попереднього очищення зразка.

### Список літератури

1. Белоусов В.П. Фуллерены: структурные, физико-химические и нелинейно-оптические свойства / В.П. Белоусов, В.Г. Белоусова, В.П. Будтов // Оптический журнал. – 1997. – С. 3-37.
2. Сидоров Л.Н. Химия фуллеренов / Л.Н. Сидоров // СОЖ. – 2000. – №5. – С. 21–25.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ФРОНТЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПРИ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКЕ

*Жовноватюк Я.С., ассистент,  
Мананков О.В., зав. лаб., НАКУ "ХАИ", г. Харьков*

Нагружение заготовки при подводном электрическом разряде осуществляется последовательно рядом ударных волн – прямой, т.е. первичной волной, распространяющейся от канала разряда, и отраженными, возникающими при взаимодействии прямой ударной волны с граничными поверхностями разрядной камеры.

Экспериментальные данные позволяют утверждать, что наибольший вклад в нагружение заготовки вносят первичная ударная волна и отраженные от внутренней поверхности разрядной камеры ударные волны. Волны же двукратного отражения имеют значительно меньшую амплитуду и могут не приниматься во внимание.

Ударная волна, образующаяся при подводном разряде, характеризуется максимальным давлением на фронте и параметрами, определяющими ее профиль. Обычно давление в ударной волне представляют в виде зависимости:

$$P = P_m e^{-\frac{t}{\theta}},$$

где  $P_m$  – максимальное давление;

$t$  – время, отсчитываемое от момента прихода фронта ударной волны в рассматриваемую точку;

$\theta$  – характерное время спада давления, равное времени, в течение которого давление ударной волны уменьшается от  $P_m$  до  $P_m/e$ , где  $e$  – основание натурального логарифма.

В зависимости от соотношения расстояния от канала разряда до заготовки  $r$  и длины разрядного промежутка  $l_{me}$  амплитудное давление  $P_m$  может быть определено по формулам:

для области цилиндрической симметрии ( $r \leq 2,5l_{me}$ ):

$$P_m = \frac{0,16 \cdot A^{\frac{1}{4}} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^{\frac{3}{4}} \cdot C^{\frac{1}{8}}}{\sqrt{r} \cdot L^{\frac{1}{2}} \cdot l_{me}^{\frac{8}{1}}}; \quad (1)$$

для области перехода цилиндрической симметрии ударной волны в сферическую ( $2,5l_{me} < r \leq 5,5l_{me}$ ):



$$P_m = \frac{0,2 \cdot \left(1 - 0,1 \frac{r}{l_{me}}\right) \cdot A^{\frac{1}{4}} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^{\frac{3}{4}} \cdot C^{\frac{1}{8}}}{\sqrt{r} \cdot \frac{1}{L^2} \cdot l_{me}^{\frac{1}{8}}}; \quad (2)$$

для области сферической симметрии ( $5,5l_{me} < r \leq 200l_{me}$ ):

$$P_m = \frac{0,26 \cdot A^{\frac{1}{4}} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^{\frac{3}{4}} \cdot C^{\frac{1}{8}} \cdot l_{me}^{\frac{1}{2}}}{r^{1,13} \cdot \frac{1}{L^2}}. \quad (3)$$

где  $A$  – искровая постоянная;  
 $\rho_0$  – плотность передающей жидкости;  
 $U_0$  – зарядное напряжение;  
 $C$  – зарядная емкость;  
 $L$  – индуктивность разрядного контура.

Тем не менее, использование трех расчетных формул может провоцировать появление ошибок, связанных с неправильным выбором области определения формул. Также на границах их области определения присутствуют скачки, что приводит к необходимости их сглаживания. В случае же использования указанных формул в программах построения полей нагружения необходимо усложнять программу, вводя дополнительный цикл проверки их области определения.

Во избежание вышеуказанных недостатков возникает необходимость аппроксимации кусочно-разрывной функции (2.9 – 2.11) гладкой кривой, т.е. построения функции  $P_m = f(r, l_{me}, U_0, C, L, \rho_0, A)$  с областью определения  $r \leq 200l_{me}$ .

Применив численные методы аппроксимации получим:

$$P_m = \left( 29,6516 + 2,7008 \cdot l_{me} - 5,5705 \cdot 10^{-2} \cdot l_{me}^2 + 5,1965 \cdot 10^{-4} \cdot l_{me}^3 - \right. \\ \left. - 2,5427 \cdot 10^{-6} \cdot l_{me}^4 + 6,2570 \cdot 10^{-9} \cdot l_{me}^5 - 6,0893 \cdot 10^{-12} \cdot l_{me}^6 \right) \times \\ \times r^{-1,6} \cdot 10^{-6} \cdot l_{me}^2 + 1,5702 \cdot 10^{-3} \cdot l_{me} - 1,11831 \cdot \frac{\frac{1}{4} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^{\frac{3}{4}} \cdot C^{\frac{1}{8}}}{L^2}} \quad (4)$$

Сравнение расчетных значений амплитуды давления, полученных по формуле (4), с экспериментальными показало, что точность аппроксимации, а, следовательно, и точность расчета  $P_m$ , можно считать удовлетворительной, а полученное выражение рекомендовать для использования в инженерных расчетах электрогидравлических установок.

## ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ МЕТАЛІВ ЗМІННОЇ ВАЛЕНТНОСТІ

*Андріянов О.Д., доцент, Кузнецова І.О., доцент,  
Янченко К.А., асистент, ОНАХТ, м. Одеса*

Останнім часом у матеріалознавстві склалася така ситуація, коли потреба у нових матеріалах випереджає успіхи у теоретичних дослідженнях. Зростання кількості наукових публікацій про засоби поверхневого захисту тугоплавких металів від руйнування в екстремальних умовах (великі навантаження, високі швидкості й температури, агресивне середовище) свідчить про виключну актуальність проблеми.

Доцільність використання різних сполук, що містять бор, для отримання покриттів не викликає сумнівів: ці речовини мають значну відновну здатність.

Покриття, що утворюються при використанні боргідридних сполук, містять у своєму складі бор. Саме цей факт відкрив перспективи для отримання сплавів з новими властивостями.

Як матеріал основи для одержання захисних боридних покриттів було обрано сталь 45.

Процентний вміст компонентів в суміші коректувався за корозійною стійкістю покриттів. В таблиці приведено склад шихти, який був використаний у подальших дослідженнях.

Мікроструктура покриттів, які одержані при трьох режимах обробки, вивчалась на металографічному мікроскопі "Неофот-2". На усіх зразках були виділені три зони: карбідна, евтектоїдна та феритна. Використання хромуєчих сумішей з мікродомішками бору, як показали вимірювання мікротвердості цих покриттів, забезпечує в півтора рази більш високу мікротвердість (2200 кг/мм<sup>2</sup>), ніж при використанні чистого хромування (1300 кг/мм<sup>2</sup>).

Таблиця – Склад шихти

Компоненти шихти, %	Cr	NH <sub>4</sub> Cl	B	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1. Хромування	60	2	-	38,0
2. Хромування з бором	60	2	7	31,0

Фазовий склад дифузійних шарів визначали на дифрактометрі "ДРОН-3. Дифузійний шар видається шаром карбідів, під яким залягає ( $\alpha$ -)твердий розчин хрому в залізі та лінії бору.

Розподіл хрому по товщині дифузійного шару, одержаного на мікроаналізаторі МАР-2, показав, що найбільша кількість (93,5%) хрому міститься в зразках з мікродомішкою (МД) бору, найменша – 62 % у хромуваних зразках.

Кінетика корозійних процесів досліджувалась у розчинах хлористого кальцію 10, 20, 40% концентрації при температурах 22-80°C.

Для електрохімічних досліджень використовували спеціальні електроди

із сталі 45 захистом хромом і хромом з МД бору. Результати досліджень порівнювалися з даними, одержаними на чистій сталі.

Дослідження проводили з використанням потенціостату П-5848, вольтамперної системи СВА-ІБМ з обертальним дисковим електродом.

Найбільш стійку область пасивного стану і низький струм розчинення мають, як показали дослідження, дифузійно-хромові шари з МД бору.

Ці покриття при анодній поляризації у широкому інтервалі потенціалів знаходиться у пасивному стані, що підтверджує високу корозійну стійкість.

Така поведінка карбідно-хромових покриттів з МД бору може бути з'ясована за допомогою рентгеноструктурного аналізу. Дифузійний шар має високу суцільність завдяки утворенню на поверхні вищих карбідів хрому  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ . Карбіди хрому відрізняються високою здатністю до самопасивації. Висока стійкість покриття забезпечується переважно наявністю ковалентних зв'язків Cr-C і Cr-B.

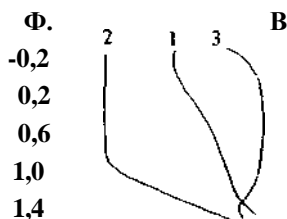


Рисунок 1 – Потенціодинамічні криві, які зняті у 10%  $\text{CaCl}_2$  при 22 °С:

1 – на сталі,

2 – на карбідно-хромову покритті з МД бору

Корозійна поведінка покриттів вивчалась в лабораторних умовах. Гравіметричні дослідження проводили в штучно приготовлених розчинах при витримці 1200 години:

1.  $\text{CaCl}_2$  – 10-11 %;  $\text{NaCl}$  – 5,0%.
2.  $\text{CaCl}_2$  – 38 %;  $\text{NaCl}$  – 2,1%.

Зразки з мікродомішками бору не мали порушень суцільності шару, швидкість корозії 0,000-0,002 мм/рік, характер корозії – рівноважний.

#### Список літератури

1. Металловедение и термическая обработка. Под общей редакцией проф., д.т.н. Ю.А. Геллера, М. "Машиностроение", 1996 г., 203 с.
2. Сайфуллин Р.С. Неорганические композиционные материалы. М. "Химия", 1983 г., 300 с.

# МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЗМІЦНЕНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАКУУМНИМ АЗОТУВАННЯМ

*Нежведілов А.Ю., аспірант, НАКУ «ХАІ», м. Харків*

Для ефективного аналізу механізму явищ та управління технологічним процесом необхідно виявити взаємозв'язок факторів, що визначають хід процесу, і представити їх у кількісній формі – у вигляді математичної моделі. На вхід об'єкта поступають вхідні параметри (фактори), а на виході отримують значення параметрів, що характеризують стан об'єкту дослідження. Планування експерименту відноситься до статистичного методу ідентифікації складних систем. Статистичною математичною моделлю об'єкту є функція відгуку, що пов'язує параметр оптимізації, який характеризує результати експерименту, із змінними параметрами, якими варіюють при проведенні досліджень. Подальшим важливим кроком є використання математичної моделі для отримання загальних закономірностей, що пов'язані з процесом, який вивчається, або конкретних числових залежностей між величинами, що розглядаються. Після проведення формалізації виконується конструювання плану експерименту. Питаннями конструювання експерименту займається теорія планування експерименту. При проведенні експерименту треба слідкувати за ретельним їх виконанням не тільки з точки зору прикладної області, але і за задоволенням вимог статистики. Після визначення необхідної кількості числа експерименту проводиться перша серія експериментів згідно плану, що згенерований на основі ЛП<sub>т</sub>-чисел. Після проведення експерименту проводиться попередній статистичний аналіз або попередню обробку результатів, що дозволить оцінити рівень “шуму” та відкинути грубі помилки. На цьому етапі розраховується середнє значення відгуку та дисперсії за кожним дослідом. Після цього, використовуючи критерій Кохрена, перевіряємо однорідність дисперсій та розраховуємо дисперсію відтворюваності.

Побудова математичних моделей за результатами експерименту проходить у два етапи: вибір структури рівняння регресії та отримання значень коефіцієнтів регресії і їх статистичних характеристик. Аналіз якості отриманої моделі проводиться з метою визначення придатності її для використання. Обов'язково необхідно перевірити такі властивості як інформативність, адекватність та стійкість моделі.

Особливістю описаної технології отримання інформації є те, що в ній вдалося позбавитися, в значній мірі, від двох основних недоліків класичної теорії планування експерименту та регресійного аналізу, які обмежують використання вказаних засобів – планування та обробки моделей заздалегідь заданої структури та використання стандартної області планування.

## ПАРАМЕТРИ КОНТАКТНОГО ПЛАВЛЕННЯ В СИСТЕМІ Fe-C (ГРАФІТ)

*Савуляк В.І., професор, Осадчук А.Ю., ст. викладач,  
Архіпова Т.Ф., доцент, ВНТУ, м. Вінниця*

Широкі можливості по створенню шаруватих матеріалів типу сталь-чавун надає використання явища контактного плавлення (КП) у системі Fe-C. Модифікація поверхневого шару сталю виро́ба відбувається за рахунок дифузії через рідку фазу під час контактного плавлення між графітом, чи іншим вуглецевим матеріалом зі сталлю. При чому саме КП проходить відповідно стабільній діаграмі Fe-C (*графіт*), а отриманий модифікований шар, як правило доєвтектичного чавуну, затвердіває по метастабільній діаграмі. В результаті отримаємо на сталевій поверхні шар білого чавуну.

Метою дослідження було з'ясувати параметри контактного плавлення нелегованої сталі з графітом у дифузійному стаціонарному режимі.

Для визначення таких параметрів як залежність зростання рідкої фаз від часу та визначення енергії активації КП була створена математична модель КП для нестационарного дифузійного режиму [1, 2].

Контактне плавлення сталі з графітом можна представити як дифузійний перенос вуглецю з графіту через рідину в аустеніт. Модель побудована для процесу КП сталі з вуглецем (без легуючих елементів). Для цього використовується діаграма стану Fe-C (*графіт*) [3, 4]. Розчинністю заліза в графіті нехтуємо. В роботі використовуємо апроксимовані залежності розчинності від температури для аустенітного й графітного солідусів та ліквідусів [1]. Процеси дифузії описуються законами Фіка.

Після ряду математичних перетворень було визначено, що межі розділу фаз рідини з аустенітом та рідини з графітом переміщуються відповідно залежностям:  $\eta = 2\beta\sqrt{\tau}$  та  $\psi = 2\alpha\sqrt{\tau}$ , де  $\alpha, \beta$  - сталі,  $\tau$  - час.

В моделі використовується припущення про незалежність коефіцієнтів дифузії від концентрації. Температурна залежність коефіцієнтів дифузії визначається по напівемпіричній формулі Ареніуса. В результаті модель звелася до системи двох нелінійних інтегральних рівнянь (1, 2):

$$\sqrt{\frac{D}{\pi}} \cdot n^L \cdot \frac{c_3 - c_2}{\Phi\left(\frac{\alpha}{\sqrt{D}}\right) + \Phi\left(\frac{\beta}{\sqrt{D}}\right)} e^{-\frac{\beta^2}{D}} - \sqrt{\frac{D_C}{\pi}} \cdot n^{Fe} \cdot \frac{c_1 - c_0}{1 - \Phi\left(\frac{\beta}{\sqrt{D_C}}\right)} e^{-\frac{\beta^2}{D_C}} = n^{Fe} \beta \cdot (c_2 - c_1), \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{D}{\pi}} \cdot n^L \cdot \frac{c_3 - c_2}{\Phi\left(\frac{\alpha}{\sqrt{D}}\right) + \Phi\left(\frac{\beta}{\sqrt{D}}\right)} \cdot e^{-\frac{\alpha^2}{D}} = n^C \cdot \alpha \cdot (1 - c_3), \quad (2)$$

де  $c_1$  – концентрація вуглецю в аустеніті на межі поділу з рідиною;  
 $c_2$  – концентрація вуглецю в рідині на межі розділу з аустенітом;  
 $c_3$  – концентрація вуглецю в рідині на межі розділу з графітом;

$c_0$  – концентрація вуглецю в сталі;  
 $n^L$  – кількість атомів в одиниці об'єма розплава;  
 $n^{Fe}$  – кількість атомів в одиниці об'єма сталі;  
 $n^C$  – кількість атомів в одиниці об'єма графіта;  
 $D_c$  - коефіцієнт дифузії вуглецю в аустеніті;  
 $D$  - коефіцієнт взаємної дифузії в рідині.  
 $\Phi(z)$  - функція похибок.

Отриману систему було розв'язано відносно коефіцієнті  $\alpha$  та  $\beta$  за допомогою математичного пакета Maple 11 для заліза ( $c_0=0$ ).

У зв'язку з тим, що товщина прошарку рідкого сплаву зростає за параболічним законом, а шар рідкого сплаву є новою фазою можна говорити про енергію активації КП.

З метою визначення енергії активації контактного плавлення заліза з вуглецем було проведено апроксимацію залежності суми коефіцієнтів ( $\alpha+\beta$ )

від температури за залежністю  $(\alpha+\beta) = a_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right)$ , яка відповідає

закону Ареніуса, де  $a_0$  - фактор контактного плавлення,  $R$  – універсальна газова стала,  $E$  - енергія активації контактного плавлення.

Були визначені енергія активації контактного плавлення заліза з графітом  $E=140865,8 \pm 7575,7$  Дж/з.атом, та фактор контактного плавлення  $a_0 = 1387,514 \pm 749,881$  см<sup>2</sup>/с.

Таким чином була створена математична модель КП, яка описує залежності пересування фронтів рідкої фази, розподілу вуглецю в сталі в залежності від температури, часу та вмісту вуглецю в сталі. А за результатами, отриманими за допомогою цієї моделі визначені енергія активації та фактор КП заліза з вуглецем.

#### Список літератури

1. Михалевич В.М., Осадчук А.Ю. Визначення параметрів контактного плавлення заліза з графітом у дифузійному нестационарному режимі // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2000, №4 (17), С. 55 – 61
2. Savulyak Valery, Ossadchuk A., Savulyak Viktor Contact melting of unalloyed steel is with graphite in diffusive unstationary mode // Buletinul Institutului Politehnic din Iași. secția știința și ingineria materialelor, Tomul LIV (LVIII), Fasc. 3-4, Iași: Universitatea Tehnică «Gh.Asachi», 2008 – Ac. 85-91.
3. Жуков А.А. Система Fe-Fe<sub>3</sub>C // Литейное производство, 1997, № 2, С. 38 - 39.
4. Zhukov A.A., Ossadchuk A.Yu. The iron-carbon phase diagram. New data and technologies. In. Heat Treatment and technology of surface coatings. Materials of the MOTO - 7-th International Congress. Moscow. 1990. Vol. 2, p. 157 - 166.

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ С МЕЛКОЗЕРНИСТЫМ КОМПАКТНЫМ ГРАФИТОМ

*Савуляк В.И., профессор, Янченко А.Б., инженер, ВНТУ, г. Винница*

Несмотря на преимущества изотермической закалки чугунов, она недостаточно используется в производстве из-за высокой энергоемкости и экологической безопасности. Проведены исследования по устранению недостатков и решению этих вопросов:

- по исключению применения солевых расплавов в качестве закалочных сред, которые вызывают коррозию оборудования и экологические потери;
- по исключению длительной выдержки закаливаемых деталей в закалочных средах.

Графитизирующий отжиг отбеленных сплавов железа на аустенитно-графитную структуру осуществляют при 950 - 1000°C, что совпадает с температурой аустенитизации этих сплавов перед аустемпированием [1, 2]. Если вместо охлаждения в печи или на воздухе проводить закалку от этих температур на бейнит (либо с предварительной "выдержкой" в горячей воде, не пересекая точку  $M_n$  [3]), то можно исключить одну операцию (совместить графитизирующий отжиг с аустенитизацией), что дает определенный экономический эффект.

Сравнительно длительный графитизирующий отжиг (3 - 4 ч) при надкритических температурах вызывает стабилизацию аустенита по отношению к перлитному распаду в переохлажденном состоянии (т. е. первая С-образная кривая на диаграмме изотермического распада аустенита сдвигается вправо). Это обусловлено постепенным исчезновением в процессе выдержки при 950 - 1000°C в аустените центров его распада на перлит (или феррит + перлит).

Бейнитная закалка первоначально отбеленных и затем отожженных Fe-C - сплавов приводит к проявлению в структуре бейнита специфической неоднородности - полосчатости [3]. Такая неоднородность с чередованием твердых и мягких зон может быть полезной для получения в сплавах особых триботехнических свойств, характерных для модулированных структур. Проведены исследования по замене солевых ванн на цинковые с использованием метода закалки в двухфазной жидко-твердой изотермической среде. Также показано, что после такой бейнитной закалки СЧ сохраняет достаточно хорошую обрабатываемость резанием из-за присутствия в нем пластинчатого графита. Чугун очень перспективен как материал для бейнитной закалки ввиду того, что даже нелегированный серый или высокопрочный чугун фактически «легирован» большим количеством кремния (до 3%) – элемента, сдвигающего вправо С–образные кривые ТТТ-диаграмм и тормозящего карбидообразование при бейнитном распаде [4]. Фактически бейнит в чугуне состоит из пересыщенного углеродом  $\alpha'$  - раствора и обогащенного углеродом и стабилизированного им

аустенита. Технологическая стабильность процессов при использовании «выдержки в двух водах» обусловлена также тем, что, даже при образовании за это время небольшого количества игл мартенсита (в тонкостенных частях деталей до 20%), это почти не сказывается на окончательных результатах термообработки вследствие трооститного отпуска этих игл в печи бейнитного превращения. Так как, свойства троостита отпуска мало чем отличаются от свойств соответствующего бейнита. Процесс отличается дешевизной и легко реализуется при минимальных капитальных вложениях. Закалочных трещин в металле нет, коробление деталей незначительное, хотя и несколько больше, чем при погружении в жидкий цинк (или в сплавах цинк – алюминий типа ЦА и типа ЦАМ с температурой плавления ниже 400°С).

Заключение. Графитизированные сплавы железа, фактически "легируемые" кремнием, являются хорошим материалом для аустемпирования, особенно в случае образования бескарбидного бейнита (аусферрита). Графитизирующий отжиг отбеленных чугунов позволяет не только получать компактные формы графита, но и совмещать эту операцию с аустенитизацией перед аустемпированием. При этом твердость чугуна минимальная (-280 НВ), что позволяет проводить механическую обработку уже после всего цикла термической обработки. Серые чугуны, обычно содержащие -2% Si, также хорошо поддаются аустемпированию, что позволяет повысить их прочность. При температуре аустемпирования выше 400°С твердость чугуна не снижается, а наоборот, возрастает (за счет образования карбидсодержащего бейнита), содержание аустенита в металле резко уменьшается. Детали из чугуна рекомендуется помещать в обычные печи (вместо ванн) для аустемпирования (изотермического превращения) после предварительного "выдержки" в смеси жидкого и твердого цинка (или сплава типа ЦА или ЦАМ), либо в "двух водах" (холодной и кипящей).

#### Список литературы

1. Янченко А.Б., Савуляк В.И. Повышение триботехнических свойств чугунов с мелкозернистым компактным графитом бейнитной закалкой / А.Б. Янченко, В.И. Савуляк // Проблемы трибологии.- 2012.-№1.-С.135-138.
2. Жуков А.А. Технологически стабильные процессы получения бейнитного чугуна / А.А. Жуков, А.Б. Янченко// Литейное производство.- 1993.- №12.- С.8-9.
3. Жуков А.А., Янченко А.Б. Технологически стабильные процессы получения бейнитного чугуна с пластинчатым и компактным графитом / А.А. Жуков, А.Б. Янченко // Процессы литья.- 1993.- №1.- С.108.
4. Савуляк В.І. Побудова та аналіз моделей металевих сплавів // В.І. Савуляк, А.О. Жуков, Г.О. Чорна. - Вінниця: УНІВЕРСУМ.- 1999. - 200 с.



## УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ГОРЕНИЯ ДУГИ В ПРОЦЕССЕ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

*Смирнова Н.В., ассистент, Смирнов В.В., доцент, КНТУ, г. Кировоград*

В настоящее время технология размерной обработки металлов электрической дугой (РОД) нашла применение в области машиностроения и приборостроения. В основе технологии РОД лежит способ обработки металлов электрической дугой в потоке жидкости – диэлектрика [1]. Управление режимом горения дуги осуществляется косвенным методом по напряжению горения дуги. Установлено, что при компенсации ошибки отклонения  $\xi$  напряжения дуги  $U_d$  от заданного значения  $U_{d\_зад}$  регулятор может устанавливать электрод-инструмент за пределы рабочей области, при этом процесс РОД переходит в режим короткого замыкания или обрыва дуги.

Поэтому основной задачей системы управления является задача автоматического определения задающего воздействия  $U_{d\_зад}$  регулятору, которое соответствует оптимальным параметрам рабочей точки дуги  $U_{d\_пт}$ .

Для решения этой задачи предложен метод определения оптимальных параметров рабочей точки дуги и значения задающего воздействия  $U_{d\_зад}$  регулятору по экстремуму выборочного коэффициента взаимной корреляции  $R$  [2] между сигналами тока  $I_d$  и напряжения дуги  $U_d$ , когда экстремум  $R$  соответствует искомой рабочей точке дуги на ее динамической ВАХ, а напряжение горения дуги  $U_d$  в этой точке принимается в качестве значения задающего воздействия  $U_{d\_зад}$  регулятору напряжения горения дуги  $U_{d\_зад} = U_d$ .

Применение корреляционного метода определения оптимальных параметров рабочей точки дуги обусловлено тем, что при падающей ВАХ источника питания дуги функции изменения тока и напряжения дуги в окрестностях рабочей точки связаны обратно-пропорциональной зависимостью [3].

Реализация разработанного метода автоматического определения оптимальных параметров рабочей точки дуги и значения задающего воздействия регулятору является необходимым условием для осуществления режима автоматического управления режимом горения дуги в процессе РОД.

### Список литературы

1. Носуленко В.І. Розмірна обробка металів електричною дугою: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.03.07 "Процеси фізико-технічної обробки" / Кіровоградський гос. техн. ун-т – К., 1999.
2. Математическая энциклопедия. Т. 3 / под ред. Виноградова И. М. – М.: "Советская Энциклопедия", 1982.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / [под ред. акад. Б. Е. Патона]. – М.: "Машиностроение", 1974. – 768 с.

## РОЗРОБКА ДИСПЕРСІЙНО-ТВЕРДІЮЧОГО ЕЛІНВАРУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ТЕРМОПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Кучма С.М., доцент, Стародубов С.Ю., ст. викладач, ДонДТУ, м. Алчевськ

Інноваційний розвиток радіоелектронної та електротехнічної промисловості можливий лише за умови забезпечення цих галузей новими матеріалами, наприклад, дисперсійно-твердіючими елінварами системи  $Fe-Ni-Cr$  з високим рівнем спеціальних властивостей, зокрема термопружних: добротності, температурних коефіцієнтів модуля пружності (ТКМП) та частоти (ТКЧ).

Поєднання необхідного рівня термопружних властивостей елінварів забезпечується в процесі термомеханічної обробки [1]. При цьому термічна обробка елінварів являє собою технологічно складний та трудомісткий процес, режими якого підбираються індивідуально для кожної плавки.

Крім того, експериментальними дослідженнями та практикою застосування вищезазначених сплавів доведено, що рівень властивостей існуючих елінварів дуже чутливий навіть до незначних коливань концентрацій легуючих елементів навіть в межах однієї плавки.

Тому одним з перспективних напрямків подальшого вдосконалення технології елінварів з поліпшеним рівнем спеціальних термопружних властивостей, крім розробок спеціальних видів термообробки [2], є додаткове легування, зокрема такими елементами, як титан, алюміній, вольфрам, кобальт і молібден, та оптимізація концентрації основних легуючих елементів в елінварах.

В даний час найбільше застосування в промисловості знаходять дисперсійно-твердіючі елінвари марок 44НХМТ та 45НХТ. Проте ефективне їх використання можливе лише за умови проведення складної термомеханічної обробки.

На базі елінвару 44НХМТ було розроблено новий дисперсійно-твердіючий елінвар з наступним вмістом основних легуючих елементів:  $Ni = 45,6...46,6\%$ ;  $Cr = 2,7...3,3\%$ ;  $Ti = 2,7...3,1\%$ ;  $Al = 0,6...1,1\%$ ;  $W = 2,0...3,0\%$ . В порівнянні з базовим елінваром в розробленому сплаві підвищено вміст нікелю, зменшено вміст хрому та домішок, молібден замінено на вольфрам. Експериментальні дослідження показали, що підвищення вмісту нікелю розширило область елінварності за рахунок підвищення точки Кюрі. Зменшення вмісту хрому дозволило стабілізувати значення ТКМП за рахунок зниження ймовірності утворення  $\sigma$ -фази – інтерметалідної фази типу  $FeCr$  з тетрагональною кристалічною решіткою, яка містить 30 атомів в елементарній комірці. Алюміній сприяє суттєвому зміцненню сплаву за рахунок утворення  $\gamma'$ -фази приблизного складу  $[(Ni,Fe)_3(Al,Ti)]$  при проведенні термообробки та стабілізації цієї фази за рахунок зниження ефекту можливої перебудови цієї фази в крихку  $\eta$ -фазу

приблизного складу  $Ni_3Ti$ . Додаток карбідоутворюючого елемента – вольфраму – послабила чутливість спеціальних термопружних властивостей сплаву до коливань вмісту нікелю, титану та алюмінію. Крім того, маючи високу температуру рекристалізації, вольфрам є активним зміцнювачем сплаву при високих температурах.

Рівень спеціальних термопружних властивостей сплавів, які випускаються металургійною промисловістю, в стані постачання не відповідає вимогам, що ставляться радіоелектронною промисловістю. Остаточне формування рівня спеціальних термопружних властивостей сплаву відбувається в процесі термомеханічної обробки. Проведення термомеханічної обробки розробленого сплаву за традиційною для елінварів схемою: загартування від  $1\ 000^\circ\text{C}$  → холодне деформування ( $\varepsilon = 60\%$ ) → старіння ( $650^\circ - 750^\circ\text{C}$  на протязі 1 години) забезпечило підвищення рівня добротності на 15 000 одиниць порівняно з сплавом-прототипом 44НХМТ. Причому зазначене збільшення спостерігається в більш широкому інтервалі температур старіння, що свідчить про стабілізацію добротності та спрощує технологію термічної обробки. Забезпечити ТКМП, близький до нуля, не вдалося, проте його значення додатні та мають майже лінійну залежність від температури старіння.

Таким чином підтверджено перспективність використання розробленого елінвару в якості конструкційного матеріалу для пружно-чутливих елементів. Для подальшого розвитку технології розробленого дисперсійно-твердіючого елінвару необхідно провести подальший пошук видів та режимів спеціальної термомеханічної обробки з метою забезпечення поєднання високих значень добротності з ТКЧ, близьким до нуля.

#### Список літератури

1. Бернштейн М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов: в 2 т. / М.Л. Бернштейн. – М.: Металлургия, 1968. – Т.1.: Термомеханическая обработка сплавов. – 1968. – 596 с., ил.
2. Кучма С.Н. Улучшение комплекса свойств элинварного сплава 44НХМТ методом комбинированной деформационно-термической обработки: Дис.: канд. тех. наук: 05.02.01: захищена 18.05.2010; утв. 10.10.2010 / Кучма Светлана Николаевна; ХНАДУ (ХАДИ). – Харьков, 2010.
3. Кучма С.Н., Стародубов С.Ю. Анализ влияния легирующих элементов на специальные термоупругие свойства элинваров / С.Н. Кучма, С.Ю. Стародубов // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Вып. 33. – Алчевск, ДонГТУ, 2011. – С. 180 – 188.

## РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНОРЕЛЬЕФНЫХ ТОНКОЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Фролов Е.А., профессор УкрГАЗТ, г. Харьков;  
Носенко О.Г., ст. преподаватель, ПНТУ, г. Полтава*

Конкурентоспособность современных изделий машиностроения существенно зависит от трудоемкости и сроков освоения их производства. Рассматривая сложнорельефные листовые высокоточные детали как компоненты сложного сборного изделия, производство их должно отвечать современным требованиям ресурсосбережения и экологичности на всех уровнях.

Перечисленному комплексу требований для получения тонколистовых сложнорельефных деталей из малопластичных и труднодеформируемых материалов наиболее полно отвечает метод формообразования на основе технологии и оборудования пневмоударной штамповки, использующего в качестве передающей среды жидкость или полиуретан (рис. 1, 2). Преимуществом этого метода штамповки является экологичность, широкие технологические возможности, мобильность, универсальность и низкие энерго- и материальные затраты на изготовление штамповой оснастки.

Для пневмоударной штамповки жидкостью были исследованы и оценены наиболее эффективные методы и приемы интенсификации процессов штамповки различных малопластичных и труднодеформируемых материалов. Наиболее приемлемыми являются приемы интенсификации посредством управления внешней нагрузкой, перераспределением материала заготовки (совмещение штамповочных операций), регулирования силами контактного трения и применением комбинированных передающих сред (жидкость + полиуретан). Управление величиной контактного трения позволило существенно повысить эффективность пневмоударного формообразования глубоких деталей сложной формы из коррозионностойких сталей и титановых сплавов.

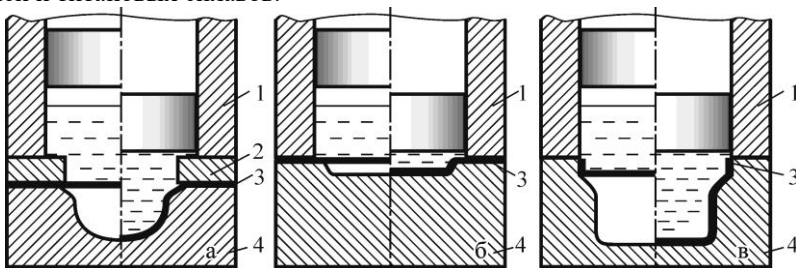


Рисунок 1 – Основные технологические схемы пневмоударной штамповки жидкостью: а и в – вытяжка из плоской и пространственной заготовок; б – формовка: 1 – рабочая камера; 2 – прижим; 3 – заготовка; 4 – матрица

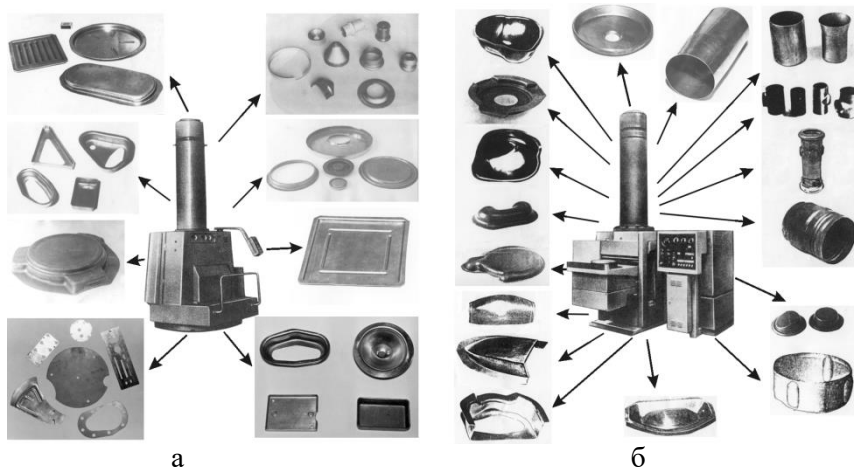


Рисунок 2 – Базовые модели серийного пневмоударного оборудования:  
 а – ТА-1324 (штамповка полиуретаном); б – Т1324 (штамповка жидкостью)

Предложен и исследован метод интенсификации процессов штамповки с помощью использования диффузионных пластифицирующих покрытий заготовок на основе мягких металлов (медь, цинк), наносимых из расплавов солей.



Рисунок 3 – Распределение микро-  
 твердости (степени  
 деформации) по сечению стенки  
 изделий из стали 12X18N10T:  
 — — — — — многопереходная вытяжка  
 с покрытием;  
 - - - - - вытяжка без покрытия;  
 /// - - - - - необходимость отжига заготовки  
 без покрытия (3 – 4 переходы)

Было установлено, что покрытия не изменяют механических свойств материалов и обеспечивают заготовкам значительный позитивный градиент механических свойств от поверхности до основы (рис. 3), в результате чего снижается упрочнение, как поверхностных слоев, так и общее, что является основой интенсификации процесса. Это позволило повысить предельные показатели штампуемости материала по сравнению с другими для коррозионностойких сталей на 30...40 %, а для титановых сплавов на 8...12 %, а также осуществлять глубокую многопереходную вытяжку деталей из коррозионностойких нержавеющей сталей без промежуточных термообработок.

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВОДНОГО РАСТВОРА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТРИПОЛИФОСФАТА НАТРИЯ

*Власова Е.В., доцент, Карасик Т.Л., доцент,  
Левко Е.Н., доцент, НМетАУ, г. Днепрпетровск*

Работа посвящена актуальной проблеме разработке новых эффективных, экологически безопасных и сравнительно дешевых средств межоперационной защиты металлопроката от коррозии, обладающих функциональной связью с технологией прокатки и обеспечивающих повышение экологической безопасности прокатного производства.

На основании анализа современных тенденций в области разработки межоперационных покрытий и требований к их свойствам, которые предъявляются практическим опытом, осуществлен обоснованный выбор водного раствора триполифосфата натрия (ТПФ Na) и добавок различной природы для получения тонкопленочных полифосфатных покрытий с высокими антикоррозионными, адгезионными свойствами и способностью к нанесению вторичных покрытий, в том числе, к захвату технологической смазки [1 – 2].

В работе с привлечением различных методов исследований, в том числе, гравиметрического, контактно-профилометрического, натуральных испытаний и электрохимических исследований изучен комплекс свойств межоперационных покрытий на основе ТПФ Na.

Полученные данные характеризуют влияние добавок в водный раствор ТПФ Na органических и неорганических веществ на удельную массу, шероховатость и защитные свойства покрытий, нанесенных на поверхность образцов стали 08 кп. При этом показатель pH исследуемых растворов, определенный методом цветной индикации, соответствует 7 – 12.

Защитные свойства покрытий оценивали временем появления первых очагов коррозии и баллами, характеризующими степень коррозионных поражений в соответствии с ГОСТ 9.509, а также значениями электрохимического потенциала, установленными в растворе 0,1 н.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , относительно хлорсеребряного электрода сравнения.

Результаты исследований показали, что по внешнему виду покрытия представляют собой тонкие прозрачные, беспористые (пористость покрытий, определенная методом наложения, отсутствует) слои на поверхности прямоугольных образцов из стали 08 кп.

При анализе спектров профилей неровностей установлено, что в рельефе исследуемых покрытий присутствует некоторая периодическая составляющая и случайные возмущения. Показатель Ra покрытий, полученных с органическими и неорганическими добавками, составляет соответственно 1,64 – 2,52 и 2,2 – 3,4 мкм. Кроме того, для подтверждения у данных покрытий возможности обеспечить функциональную связь с после-

дующими операциями обработки металла давлением, были рассчитаны значения опорной длины профиля  $tr$  (кривые Аббота), которые важны для оценки характеристик поверхностей при контактировании.

Покрытия с неорганическими добавками в составе раствора нанесения характеризуются значениями удельной массы от 4,62 до 15,00 г/м<sup>2</sup>. При введении органических добавок удельная масса покрытий соответствует 6,35 – 10,00 г/м<sup>2</sup>. По-видимому, шероховатость покрытий в какой-то мере коррелирует со степенью неоднородности их удельной массы, в зависимости от природы добавки в составе триполифосфатных растворов.

Результаты электрохимических исследований показали, что электродные потенциалы стали с исследуемыми покрытиями характеризуются более электроположительными значениями, чем электродный потенциал металла, что указывает на наличие у данных покрытий защитных свойств. При этом покрытия, полученные из чистого раствора ТПФ Na, имеют более электроотрицательные значения электродного потенциала, в сравнении с покрытиями, полученными при добавлении неорганических веществ.

Натурные испытания, проведенные в условиях атмосферной коррозии, показали, что среднее значение времени появления первых очагов коррозии для стальных образцов с покрытиями, полученными из водных растворов ТПФ Na с неорганическими добавками, в 1,8 раза выше, чем данная характеристика для стали с триполифосфатными покрытиями, допированными органическими добавками, и в 7 раз выше, чем для стали 08 кп без покрытия.

Таким образом, сравнительный анализ полученных результатов показывает, что в отсутствие пористости защитные свойства выше у покрытий, полученных из водного раствора ТПФ Na с неорганическими добавками.

Результаты данных исследований подтвердили возможность использования покрытий, полученных из водных растворов ТПФ Na для межоперационной защиты и в качестве подмазочных для низкоуглеродистой стали. При этом введение в раствор ТПФ Na добавок неорганической природы способствует повышению защитных свойств триполифосфатных покрытий при несколько большей удельной массе и шероховатости, в сравнении со свойствами покрытий, полученными из растворов ТПФ Na, содержащими органические добавки.

#### Список литературы

1. Липкин Я.Н. Химическая и электрохимическая обработка стальных труб / Я.Н. Липкин, В.М. Штанько – М.: Металлургия, 1974. – 216с.
2. Кузнецов Ю.И. Ингибиторы коррозии в конверсионных покрытиях / Ю.И. Кузнецов // Защита металлов от коррозии. – 2001. – Т. 37, № 2. – С. 119 – 125.

## ОТРИМАННЯ КЕРАМІЧНИХ СПЛАВІВ $\text{LaB}_6$ - $\text{TiB}_2$ ТА $\text{W}_4\text{C}$ - $\text{TiB}_2$ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОГО СПІКАННЯ

*Єрмакова Д.І., студент, Загородня Е.В., студент, Марич М.В., студент,  
Богомол Ю.І., доцент, НТУУ «КПІ», м. Київ*

Розвиток технологій в машинобудуванні призводить до підвищення властивостей їх деталей, а саме підвищення їх механічних характеристик. Складність умов експлуатації і підвищення вимог до матеріалів призводить до створення композиційних матеріалів з регульованою структурою та властивостями. Керамічні ріжучі інструменти є одними з найголовніших складових механічної обробки деталей машин. Великий інтерес представляє створення фізико-хімічного базису для розробки спечених матеріалів на основі  $\text{W}_4\text{C}$  та  $\text{LaB}_6$ , що характеризуються комплексом цінних фізичних властивостей. Створення керамічних композицій базується на умовах введення таких вибраних компонентів, які хімічно сумісні з головною речовиною та вносять бажані зміни в структуру, експлуатаційні властивості та технологічні параметри. Керамічні вироби мають високу стійкість до нагріву та зносу і можуть використовуватись для обробки деталей машин, так як мають високу хімічну стабільність. Ці якості дозволяють використовувати їх для обробки деталей машин при високих швидкостях різання та в умовах сухої обробки.

Зміцнення керамічних матеріалів традиційно проводиться з використанням різного роду зв'язок та домішок, а також використанням високоенергетичних методів компактування та спікання виробів. Також одним з найбільш ефективних методів підвищення міцності є направлена кристалізація евтектичних сплавів на основі тугоплавких керамічних матеріалів. Цей метод дає можливість отримувати керамічні матеріали з міцністю більшою за 3 ГПа за рахунок високої чистоти та досконалості структури, що складається переважно з монокристалічних компонентів. Але основним недоліком цього методу є розміри та форма виробів. А також сильна анізотропія властивостей, що пов'язана з анізотропією структури направлено армованих матеріалів.

Одним з найбільш прогресивних методів отримання керамічних матеріалів останнім часом стає електророзрядне спікання. Цей метод, завдяки комбінованій дії температури, тиску та прямого пропускання електричного струму, дає можливість значно інтенсифікувати масоперенос в твердих тугоплавких сполуках. Це дозволяє отримувати дрібнозернисті вироби з щільністю близькою до теоретичної за більш короткі інтервали часу та при більш низьких температурах, ніж при використанні традиційних методів спікання та гарячого пресування.

В даній роботі пропонується отримувати керамічні матеріали на основі  $\text{W}_4\text{C}$  та  $\text{LaB}_6$  електророзрядним спіканням з використанням в якості вихідних



матеріалів отриманих подрібненням направлено армованих евтектичних сплавів  $V_4C-TiB_2$  та  $LaB_6-TiB_2$  із середнім розміром частинок 50 мкм. Зразки діаметром 10 та 20 мм спікалися на установці SPS-1050 (SPS Syntex Inc., Japan) при температурах 1400–1900 °С в вакуумі, тиску пресування 50–100 МПа та часу витримки 1–20 мин.

Аналіз мікроструктури отриманих електророзрядним спіканням пресовок  $V_4C-TiB_2$  та  $LaB_6-TiB_2$  показав, що у всьому діапазоні температур та часу витримки представляє собою полікристалічний матеріал, який складається з хаотично орієнтованих по об'єму пресовки евтектичних зерен.

Мікроскопічний аналіз та гідростатичне зважування зразків показали, що підвищення температури спікання та часу ізотермічної витримки також закономірно призводить до інтенсифікації усадки та зменшення пористості. Ущільнення починає активно проходити тільки при температурах вищих за 1800 °С, що можна пов'язати з початком проходження пластичної деформації в евтектичних зернах. Підвищення часу ізотермічної витримки з 1 до 20 хвилин при 1800 °С також значно інтенсифікує усадку та знижує пористість зразків, що підтверджує інтенсифікацію дифузійних процесів на границях зерен. Аналогічні процеси проходять при спіканні композиту  $V_4C-TiB_2$ .

Інтегральна мікротвердість зразків складала для композиту  $LaB_6-TiB_2$  35 ГПа, а для системи  $V_4C-TiB_2$  - 32.35-54.18 ГПа. Тріщиностійкість для обох композитів складала 4.81 МПа·м<sup>1/2</sup>. Дослідження механічних властивостей показало, що міцність на згин спечених евтектичних сплавів  $V_4C-TiB_2$  та  $LaB_6-TiB_2$  складала 320 МПа при кімнатній температурі і перевищує міцність направлено закристалізованих сплавів (190 МПа). З іншої сторони міцність на згин зразків, виміряна при температурі 1600 °С, складала 180 МПа, що нижче міцності сплавів такого ж складу, отриманого направлено кристалізацією при цій же температурі (230 МПа).

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ КОНУСА ШНЕКОВОГО БАРАБАНА

*Любич А.И., доцент, Федина С.В., студент, СумГУ, г. Сумы*

Конус шнекового барабана является одной из составляющих осадительной центрифуги. Данная машина предназначена для непрерывного разделения жидких неоднородных суспензий, содержащих твердую фазу, плотность которой выше плотности жидкой фазы. Благо-даря высокой производительности, простоте конструкции, непрерывности технологического процесса и минимальному Обслужи-ванию эти центрифуги нашли широкое применение в различных технологических процессах химической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. Поскольку конус шнекового барабана работает в различных агрессивных средах он должен обладать кислотостойкостью и коррозийной стойкостью.

Кроме того эта деталь работает в условиях центробежных сил и циклических нагрузок, а также испытывает абразивный износ. Поэтому для изготовления конуса шнекового барабана применяют стали аустенитного класса, такие как 08X18H10T или 10X17H13M2T, которые удовлетворяют данным требованиям.

Для продления срока службы и экономичности затрат конус шнекового барабана упрочняют с помощью наплавки. Данный вид упрочнения осуществляют вручную электродами ЦН-6Л с применением источника питания ПСО – 500. Наплавку выполняют на постоянном токе обратной полярности. Полученный наплавленный металл обеспечивает повышение твердости наплавленного слоя до 34 HRC и стойкость к изнашиванию. С целью увеличения срока службы осадительной центрифуги был предложен механизированный способ наплавки конуса шнекового барабана автоматом А-1406 с использованием источника питания ВС-500. В качестве наплавочного материала предложена порошковая проволока ПП-АН138, которая обеспечивает получение качественного износостойкого наплавленного металла. Предложенный способ обеспечивает механизированную наплавку и повышение износостойкости в 1,4 по сравнению с металлом наплавленным электродами ЦН-6Л, что положительно влияет на продолжительность работы осадительной центрифуги.

## ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ПРОМЫШЛЕННОЙ СТУПЕНИ НАСОСА ЦНС240М

*Любич А.И., доцент, Варуха И.О., студент, СумГУ, г. Сумы*

Для интенсификации добычи нефти в нефтяной промышленности выпускаются модернизированные центробежные высоконапорные многосекционные насосы ЦНС-240М. Насосы изготавливаются из коррозионностойких и титановых сплавов, которые обеспечивает возможность их применения для высокоагрессивных сред. Функция рабочего колеса заключается в создании потока жидкости, проходящего через насос. За счет вращения колеса жидкость, находящаяся в нем, тоже вращается. На вращающуюся жидкость действует центробежная сила (отсюда название насоса), которая заставляет жидкость разлетаться от центра рабочего колеса к его краям. Исходя из требований к рабочему колесу промышленной ступени применяют конструкционную сталь с особыми свойствами - 12X18H12M3TL.

При эксплуатации насоса происходит износ уплотнений рабочих колес (РК) и узла гидроразгрузки (УГР), следствием которого является увеличение зазоров. Увеличение зазоров приводит к росту объема утечек через уплотнения и УГР, уменьшению подачи при требуемом напоре, снижению объемного КПД насоса и возрастанию удельных затрат. Для противостояния

кавитации, высокоагрессивным жидкостям и абразиву ступицу и юбку колеса упрочняют наплавкой. Сварочный шов рабочего колеса промышленной ступени выполняют ручной аргонодуговой сваркой с применением проволоки диаметром 1.6 мм, марки Св. -04Х19Н11М3 ГОСТ 2246-70.

Однако такой метод упрочнения поверхности рабочего колеса не полностью удовлетворяет техническим требованиям предъявляемым к данной детали. Это связано с недостаточным упрочнением поверхностей колеса, что приводит к разупрочнению посадочных частей рабочего колеса. Кроме этого упрочнение рабочих поверхностей производят при ручной сварке. Поэтому предлагаем производить упрочнение поверхностей рабочего колеса порошковой проволокой ПП-20Х15ВЮН4М2ФТ с применением автомата А1406М и манипулятора Т-25. В качестве источника питания применяем выпрямитель ВС-500.

# **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ**

## О РЕШЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СМЕШАННОГО ТИПА С РАЗНОСТНЫМ ЯДРОМ

*Ячменёв В.А., доцент, Николенко В.В., ст. преподаватель,  
Ганнов В.С., студент, СумГУ, г. Сумы.*

Задачи эволюционного типа во многих случаях удобнее моделировать не дифференциальными уравнениями в частных производных, а интегральными уравнениями. При этом приходится иметь дело с интегральными уравнениями смешанного типа, содержащими разностное ядро:

$$\int_0^t \int_a^b K(t-\tau, x-\xi) \cdot \psi(\tau, \xi) d\xi d\tau = u(t, x) \quad (1)$$

Ранее авторами рассматривался метод решения уравнений смешанного типа с произвольным ядром. Однако ядро разностного типа позволяет сократить временные затраты и упростить алгоритм решения.

Это утверждение основывается на следующих особенностях уравнения.

После представления уравнения (1) в дискретной форме, мы получаем блочную систему уравнений

$$\begin{cases} A^{11} z^1 = u^1 \\ A^{21} z^1 + A^{22} z^2 = u^2 \\ \dots\dots\dots \\ A^{l1} z^1 + A^{l2} z^2 + \dots + A^{lm} z^l = u^l \\ \dots\dots\dots \end{cases}$$

где  $z^l = (z_1^l, \dots, z_n^l)$ ,  $u^l = (u_1^l, u_2^l, \dots, u_n^l)$ ,  $A^{lm}$  – матрица размера  $n \times n$ .

Таким образом, например, при  $l=10$  нам необходимо вычислить 55 матриц размера  $n \times n$ .

Однако в случае разностного ядра можно заметить, что матрицы стоящие на главной диагонали, а также матрицы стоящие на поддиагоналях равны между собой.

Таким образом, в этом случае достаточно вычислить лишь элементы  $A^{11}, A^{21}, \dots, A^{l1} \dots$

В нашем примере их будет ровно 10, что изначально сокращает вычислительные работы.

## БАЙЕСОВСКАЯ СТРАТЕГИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ЗАМЕНЕ ОБОРУДОВАНИЯ.

*Николенко В.В., ст. преподаватель, Костенко В., студентка, СумГУ, г. Сумы*

Одним из методов теории статистических решений является Байесовская стратегия.

Пусть нам не известны состояния природы, но известны их вероятности  $p_1 = P(B_1), p_2 = P(B_2), \dots, p_n = P(B_n)$ . Тогда в этом случае в качестве показателя эффективности, который нужно обратить в максимум, целесообразно взять среднее значение (математическое ожидание) выигрыша с учётом вероятностей всех возможных условий:  $\bar{a}_i = \sum_{j=1}^n p_j a_{ij}$ .

Эта величина есть среднее значение выигрышей  $i$ -той строки, взятых с весами  $p_1, p_2, \dots, p_n$ . За оптимальную стратегию выбираем ту из них, для которой величина  $\bar{a}_i$  обращается в максимум.

Такую Байесовскую стратегию можно применить для решения задачи об износе и замене оборудования на промышленном предприятии или производстве, что является актуальным в условиях слежения за экологическим состоянием среды.

Строится матрица «выигрышей», в которой учитывается несколько состояний оборудования  $B_j$  после нескольких лет работы, а также варианты действий  $A_i$ , которые могут быть предприняемы.

Таблица

$B_j$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$p_j$	0,2	0,5	0,3
$A_1$	-1	-5	-7
$A_2$	-3	-2	-6
$A_3$	-5	-4	-3

Составляется матрица «выигрышей».

Задача ставится таким образом, чтобы максимизация «выигрыша» была эквивалентна минимизации потерь. Средние «выигрыши» при различных способах действий равны:

$$\bar{a}_1 = \sum_{j=1}^3 p_j a_{1j} = -0,2 \cdot 1 - 0,5 \cdot 5 - 0,3 \cdot 7 = -4,8;$$

$$\bar{a}_2 = -3,4; \quad \bar{a}_3 = -3,9.$$

Это значит, что соответственно Байесовской стратегии следует предпринять действие  $A_2$ , при этом средний выигрыш окажется максимальным.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ ДЕФОРМОВАНИХ ЧИСЛЕНЬ

*Шуда І.О., доцент, Папченко О., студент, СумДУ, м. Суми*

Принципова відмінність між базовими і алгебраїчними численнями полягає у тому, що перше трансформує такі фундаментальні поняття, як число, похідна, інтеграл, а алгебраїчні деформації зберігають алгебраїчну структуру у стандартному вигляді, але вводяться узагальнені операції деформованої суми, добутку, перетворення Фур'є та ін. У обох випадках використовуються деформовані функції, які є суперпозиціями елементарних функцій, що формують фундаментальні елементи відповідних формалізмів. При цьому базова деформація зберігає функції, які мають звичайні властивості: наприклад, кожна базово-деформована експонента має дуального партнера, для якого виконується стандартна процедура множення, а з іншого боку, базово-деформований логарифм, що є оберненою функцією відповідної експоненти, та його дуальний партнер задовольняє правило адитивності. Для алгебраїчно-деформованих функцій ситуація ускладнюється, так як вони не задовольняють правила звичайної алгебри.

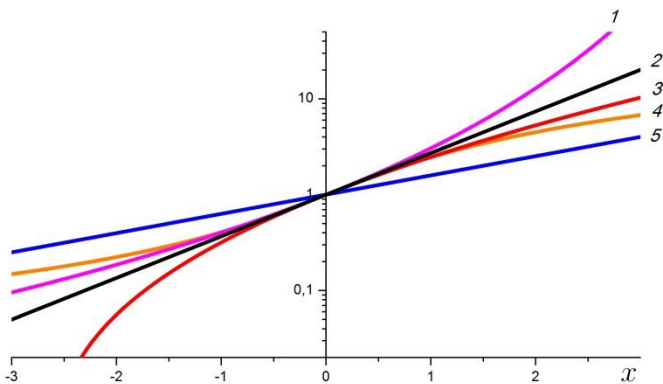


Рисунок - Експоненти: 1 – Цалліса ( $q=1.2$ ); 2 – недеформована; 3 – базово-деформована ( $q=1.6$ ); 4 – Каніадакіса ( $k=0.9$ ); 5 – скінчено-різницева ( $h=3.0$ )

Проведено порівняльний аналіз різних деформованих числень: базово-деформованого, скінчено-різницевого, симетричного  $q$ -числення, деформацій Каніадакіса та Цалліса на прикладах відомих алгебраїчних функцій при різних показниках деформації. Побудовані графіки відомих функцій та розглянені застосування деформованого числення у статистичній фізиці, астрономії, економіці та соціології.

# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ, КОТОРЫЕ ОПИСЫВАЮТСЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ

*Мальченко С.М., студент, Белоус Е.А., доцент, СумГУ, г. Сумы*

Многие прикладные проблемы, связанные с задачами выбора, управления и проектирования, сводятся, как правило, к принятию решения на основе исследования математических моделей. Каждая математическая модель отображает взаимосвязь тех количественных свойств объекта, которые являются существенными для решаемой задачи.

Оптимизационная задача базируется, как правило, на математической модели управляемого объекта, цели управления или критерии качества, на установленных ограничениях на траекторию системы, длительность процесса управления, классе допустимых управлений и т.д.

Рассмотрим три основных задачи оптимального управления, когда математическая модель процесса представлена дифференциальным уравнением (системой дифференциальных уравнений):

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u), \quad t \in [t_0, T] \quad (1)$$

где  $u \in R^m$  – управление;  $x \in R^n$  – фазовый вектор системы;  $f \in R^n$  – заданная функция;  $R^n$  – евклидово пространство размерности  $n$ .

Придавая управлению  $u$  разные возможные значения, получаем различные состояния объекта, среди которых выбирается оптимальное [1].

Критерий качества формально записывают в виде условия минимума некоторого функционала  $J$ , зависящего от управления  $u$  и траектории  $x(t)$

$$J = \int_{t_0}^T F(t, x(t), u) dt + \varphi(T, x(T)) \rightarrow \min, \quad (2)$$

Задача (1) - (2) называется задачей Больца. Если  $F \equiv 0$  то задача называется задачей Майера, а если  $\varphi \equiv 0$ , - то задачей Лагранжа.

Решить задачу оптимального управления - это означает найти такой закон управления  $u$  при котором достигается минимум функционала  $J$ , или определяются условия существования оптимального управления, при этом, функция  $u$  удовлетворяет соответствующим условиям.

Рассмотрим данные задачи при условии, что соотношение (1) представлено в виде системы дифференциальных уравнений, где  $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ , а  $f(t, x, u) = \{f_1(t, x, u), \dots, f_n(t, x, u)\}$  - вектор-функция. Отметим, что время  $t$  может быть как фиксированной (для одних задач) так и не фиксированной (в других задачах) величиной. При этом допускаем, что правая часть равенства (1) такова, что задача Коши  $\dot{x} = f(t, x, u_0(t))$  при  $x(t_0) = x_0$  для каждой



кусочно-непрерывной функции  $u = u_0(t)$  имеет единственное решение  $x = x_0(t)$  для всех  $t \in [t_0, T]$ . Для этого достаточно учесть, например, что вектор-функция  $f(t, x, u)$  является непрерывной и удовлетворяет условию Липшица по переменной  $x$  [2].

Для каждой кусочно-непрерывной на отрезке  $[t_0, T]$  функции управления  $u = u(t)$  и для соответствующего решения  $x = x(t)$  задачи Коши определен функционал

$$J[u] = \int_{t_0}^T F(t, x(t), u(t)) dt \quad (3)$$

**Задача Лагранжа.** Найти кусочно-непрерывной на отрезке  $[t_0, T]$  вектор-функцию  $u = u_0(t)$ , такую, чтобы при подстановке в функционал (3) совместно с решением соответствующей задачи Коши это выражение получило наименьшее значение, то есть выполнилось равенство:

$$\min \int_{t_0}^T F(t, x(t), u(t)) dt = \int_{t_0}^T F(t, x_0(t), u_0(t)) dt \quad (4)$$

Рассмотрим функционал

$$J[u] = \varphi(x(T)), \quad (5)$$

где  $\varphi(x)$  - некоторая заданная функция.

**Задача Майера.** Найти кусочно-непрерывной на отрезке  $[t_0, T]$  вектор-функцию  $u = u_0(t)$ , такую, чтобы при  $x = x_0(t)$  функционал (5) приобрел наименьшее значение.

**Задача Больца.** Найти на отрезке  $[t_0, T]$  вектор-функцию  $u = u_0(t)$ , такую, чтобы при подстановке в функционал

$$J[u] = \varphi(x(T)) + \int_{t_0}^T F(t, x(t), u(t)) dt \quad (6)$$

вместе с решением  $x = x_0(t)$  соответствующей задачи Коши выражение (6) обрело наименьшее значение.

#### Список литературы

1. Колмановский В.Б. Задачи оптимального управления // Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 6. С. 121-127.
2. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление -2-е изд.- М: Физматлит. 2005. 344 с.

## ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОТОЧКОВОЇ ФОРМУЛИ ТЕЙЛОРА (БФТ) ДО НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

*Клименко А.В., студентка, Маслов О.П., доцент, СумДУ, м. Суми*

Багато наближених методів, які застосовуються в прикладній математиці, базуються на формулі Тейлора. Так, при знаходженні наближеного розв'язку диференціальних рівнянь у вигляді степеневого ряду, застосовується формула Тейлора. Для знаходження її коефіцієнтів необхідно, щоб були задані початкові умови і шукана функція була достатню кількість разів диференційована в початковій точці. Похибка розв'язку зростає при віддаленні від початкової точки. Крім того, неможливо врахувати властивості правої частини диференціального рівняння, а тим більше, знайти розв'язок, якщо права частина буде мати скінченну кількість розривів першого роду.

Застосування БФТ

$$T(x) = \sum_{i=1}^m h(x_i) \sum_{j=0}^k \frac{f^{(j)}(x_i)(x-x_i)^j}{j!} \quad (1)$$

дозволяє обійти ці труднощі. У (1)  $x_i$  – це координати точок, у яких проводиться розкладання по формулі Тейлора,  $h(x_i)$  – hill function, які мають спеціальні властивості,  $f^{(j)}(x_i)$  – значення  $j$ -ї похідної шуканої функції в точці  $x_i$ . При наближеному розв'язанні диференціального рівняння  $f^{(j)}(x_i)$  є шуканими значеннями. При підстановці (1) в диференціальне рівняння, невідомі  $f^{(j)}(x_i)$  знаходяться із системи алгебраїчних рівнянь (лінійних або нелінійних) у залежності від того, було вихідне диференціальне рівняння лінійним чи нелінійним.

Похибка наближеного розв'язку на кожному інтервалі  $(x_i, x_{i+1})$  визначається як

$$R_k(x) = \frac{f^{(k+1)}(\xi)(x-x_i)^{k+1}}{(k+1)!}, \quad (2)$$

де  $\xi \in (x_{i-1}, x_{i+1})$ . На всьому проміжку похибка не буде перевищувати значення  $R = \max |R_k|$ .

Оскільки (1) можна побудувати як кусково-гладку функцію, то шуканий розв'язок диференціального рівняння може бути розривним.

Розглянуто приклади знаходження наближеного розв'язку для різних типів диференціальних рівнянь.

## МЕТОДИЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕКТОРНОЇ АЛГЕБРИ У ВИЩИХ ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

*Одарченко Н.І., доцент, Жижа М., студент, Прохоренко А., студент, Процайло Т., студент, СумДУ, м. Суми*

Вектори вивчаються у розділі «Елементи векторної алгебри» курсу «Вища математика». У методиці викладання математичних дисциплін є три ключові питання: що викладати, як викладати, навіщо викладати? І головне із них – останнє. Питання, навіщо щось вивчається, повинно співвідноситись обов'язково із замовленням, яке роблять випускні кафедри. Якщо раніше викладання того чи іншого матеріалу відбувалося у напрямку – головне в освіті – навчання, передача інформації, то сьогодні головне – розвиток, формування загальної культури студентів, здатних самостійно здобувати і переробляти інформацію. Тому головним є не просто вчити математиці, а математикою навчати.

Для успішного розв'язання цієї задачі викладачами кафедри МА і МО СумДУ разом зі студентами були розроблені методичні вказівки з теми «Елементи векторної алгебри». Основна мета цих розробок – вивчення елементів векторної алгебри спочатку на наочно-інтуїтивному рівні, потім на описовому рівні і потім уже на формальному. Використання їх на лекційних та практичних заняттях вчить студентів «бачити» застосування векторів спираючись на геометричні ілюстрації.

Також студентами був створений навчальний математичний словник:

вектор – (від латинського *vector* – ведучий, несучий) , відрізок, що має певну довжину та напрямок. Вектори зображують векторні величини: силу, швидкість, прискорення і т.д. Це поняття вперше з'явилося в XIX ст. у роботах Гроссмана і Гамільтона. Широке їх застосування в класичній механіці Ньютона, теорії відносності, квантовій механіці;

компланарні вектори – (від латинського *com* – разом і *planum* – площина), вектори, що лежать на одній площині або паралельних площинах.

Як висновок – такі методичні вказівки допоможуть студентам застосовувати вектори - як геометричний об'єкт, до розв'язання прикладних задач, відпрацьовувати вміння і «переводити» умову задачі на векторну «мову» і здійснювати алгебраїчні обчислення з векторами.

### Список літератури

1. Р.Ф. Апатенюк, А.М. Маркина. Сборник задач по линейной алгебре и аналитической геометрии. - Минск: Вышэйшая школа, 1990. - 286 с.

2. Вергасов В.М. Активизация познавательной деятельности студентов высшей школы. - К.: Вища школа, 1995.- 196 с.

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ (ЭЛО) НА ПРОЦЕССЫ МАССОПЕРЕНОСА

*Кравченко Ю.А., ассистент, Войцеховский Я., студент, СумГУ, г. Сумы*

Решение практических задач повышения эксплуатационного срока службы поверхности возможно путем формирования на ней тонких защитных покрытий на основе твердых и коррозионно-стойких материалов (например TiN/Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Однако экспериментальный поиск эффективных режимов их формирования и последующего оплавления является весьма трудоемким. Экономия ресурсов и времени требует глубокого фундаментального понимания процессов, происходящих в момент формирования покрытия и разработки теории, позволяющей как моделировать процесс, так и прогнозировать результат работы. Решение проблемы улучшения адгезии таких покрытий возможно путем применения ЭЛО. Вместе с тем использование низкоэнергетических сильнофокусированных электронных пучков (НСЭП) приводит к увеличению интенсивности процессов массопереноса. Поэтому целью данной работы было изучение влияния ЭЛО на процессы диффузии атомов в защитном слое.

Согласно результатам исследований, полученных методом обратного рассеяния протонов, основными составляющими матрицы гибридных покрытий являются Ti, N, Al, O и C. Из энергетических спектров следует, что ЭЛО поверхности вызывает увеличение концентрации атомов кислорода в приповерхностной области. В результате воздействия НСЭП наблюдается перенос атомов углерода из порошкового подслоя Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в направлении поверхности, причем чем больше время воздействия электронного пучка на единицу площади, тем выше концентрация C на поверхности. На спектрах наблюдается также уменьшение интенсивности пиков Ti по сравнению с исходным состоянием. Для оценки интенсивности перераспределения ионов Ti под влиянием термического воздействия, были построены концентрационные профили распределения данного элемента с глубиной (рисунок) и проведена оценка коэффициентов массопереноса. Для этого в программе "Origin" концентрационные профили аппроксимировались нормальным законом распределения Гаусса:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где  $x$  – глубина миграции атомов;

$a$  – центр пика функции;

$2\sigma$  - ширина пика кривой Гаусса на половине интенсивности.

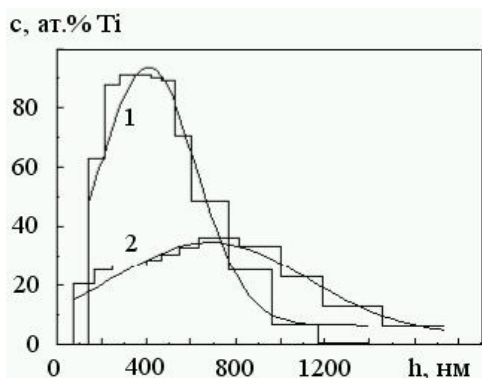


Рисунок - Эффективные профили распределения по глубине ионов Ti:  
1 – исходное состояние; 2 – после ЭЛО с  $q=4,8 \times 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>

Интенсивность движения ионов Ti вглубь поверхности покрытия оценивалась по эффективному коэффициенту массопереноса D:

$$D = \frac{\sigma_i^2 - \sigma_0^2}{2t} \quad (2)$$

где  $t=0,072$  с (время воздействия ЭП на конкретную точку поверхности при диаметре пучка  $d=3 \times 10^{-4}$  м и скорости сканирования  $v=15$  м/ч). Результаты проведенных расчетов представлены в таблице.

Таблица - Подбор параметров функции распределения атомов Ti по глубине покрытия и расчетные значения коэффициентов массопереноса

Покрытие	t, с	Вид функции Гаусса	$\sigma_0$ , нм	$\sigma_i$ , нм	D, м <sup>2</sup> /с
TiN/Cr/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	$f_1(x) = \frac{1}{219\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-409)^2}{9,6 \cdot 10^4}}$	219	-	-
TiN/Cr/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +НСЭП (v=15 м/ч)	0,0 72	$f_2(x) = \frac{1}{219\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-683)^2}{3,7 \cdot 10^5}}$	-	432	$9,6 \times 10^{-13}$

Таким образом, ЭЛО поверхности активизирует движение атомов Ti вглубь порошкового покрытия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при одновременном насыщении приповерхностной области атомами С и О.

## ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СВОБООПЕРТОГО СТЕРЖНЯ

*Клименко В.А., ст. преподаватель,  
Москаленко Д.Р., студент, СумГУ, г. Сумы*

Рассмотрим свободно опертый стержень длины  $l$  под действием сосредоточенной силы в точке  $\xi$ .

Определить прогиб.

Известно, что  $EIw'' = M$ ,  $EIw''' = -Q$ ;  $EIw^{(IV)} = q$ ;

$Q$  – перерезывающая сила.

Граничные условия:  $w_1(0) = 0$ ;  $w_1''(0) = 0$ ;  $w_2(e) = 0$ ;

$$w_2''(l) = 0$$

Условия сопряженных участков

$$w_1(\xi) = w_2(\xi); w_1''(\xi) = w_2''(\xi); w_1'''(\xi) = w_2'''(\xi).$$

В точке  $\xi$  сила  $P$  имеет скачок равный  $P = 1$ , то

$$w_1'''(\xi) - w_2'''(\xi) = -1/EI$$

В результате получаем функцию прогиба балки

$$G(x, \xi) = \begin{cases} w_1 = \frac{x(l-\xi)}{6EI} (x^2 - 2\xi l + \xi^2), 0 < x < \xi \\ w_2 = \frac{\xi(l-x)}{6EI} (\xi^2 - 2xl + x^2), \xi < x < l \end{cases}$$

Эта функция дает прогиб в точке  $x$ , под действием единичной силы в точке  $\xi$ .

Если действует непрерывно распределенная нагрузка интенсивностью  $q(x)$  на  $l$ , то

$$w(x) = \int_0^l q(\xi) G(x, \xi) d\xi$$

т.е.  $w(x)$  известно, требуется определить  $q(x)$ , таким образом приходим к интегральному уравнению (первого рода).

Рассмотрим задачу о вынужденных движениях стержня (динамическая задача).

По принципу Даламбера:

$$P(x, t) = -\rho \frac{d^2 w}{dt^2} + P_1(x, t)$$

В этом случае функция прогиба так же зависит от времени

$$w(x, t) = \int_0^l G(x, \xi) \left[ -\rho \frac{d^2 w}{dt^2} + P_1(\xi, t) \right] d\xi$$

Если предположить, что вынужденная сила действует по гармоничному закону, т.е.

$$P_1(x, t) = P(x) \cos \omega t, \text{ то}$$

$$w(x, t) = U(x) \cos \omega t, \text{ тогда}$$

$$U(x) - w^2 \int_0^l G(x, \xi) U(\xi) d\xi = f(x)$$

$$\text{где } f(x) = \int_0^l P(\xi) G(x, \xi) d\xi$$

пришли к интегральному уравнению второго рода относительно функции  $U(x)$ . Правая часть  $f(x)$  хранит информацию о вынуждающей нагрузке, ядро  $G(x, \xi)$  – информацию о граничных условиях (геометрических и механических характеристиках стержня).

Это уравнение эквивалентно краевой задаче о вынужденных поперечных колебаниях.

При  $f(x) = 0$  имеем задачу о свободных или собственных колебаниях стержня.

Для численной реализации рассматриваемой математической модели была выбрана система автоматизированного проектирования Autodesk Inventor. В расчетном модуле нагрузок, для построенной 3D модели рассматриваются цилиндрические опоры и прямоугольный стержень. В рамках построенной математической модели при численной реализации материал легированная сталь.

Полученные численные результаты согласуются с тестовыми теоретическими результатами.

#### Список литературы

1. А.Г. Бутковский. Характеристики систем с распределенными параметрами. – М.: наука, 1979, с. 51

## ОСОБЛИВОСТІ САМОКОНТРОЛЮ В УМОВАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОГО НАВЧАННЯ

*Захарченко Н.М., ст. викладач, Крючкова А.М., студентка, СумДУ, м. Суми*

Вища математика, що визнана універсальною мовою науки, елементом загальної людської культури, водночас є могутнім засобом розвитку особистості. Вона сприяє розвитку навичок логічного мислення, просторового уявлення, таких рис характеру, як уміння ставити перед собою проблемне завдання, цілеспрямованість у досягненні мети, віри у свої можливості, впевненість у правильності виконаного завдання. Але розвиток усіх цих якостей характеру неможливий без наявності ще однієї найважливішої риси – риси самоконтролю, яка є основою формування творчої, соціально зрілої особистості студента.

Розвиток технічного прогресу веде до розвитку об'єму наукової інформації. У вищих технічних навчальних закладах з'являються нові дисципліни. Це приводить до зменшення годин, що відводяться на практичні заняття фундаментальних дисциплін, збільшення частки самостійної роботи студентів і, як наслідок до скорочення часу для тренувальних робіт за поточними темами та їх перевірки. В результаті таких змін студенти не мають можливості своєчасного усунути прогалини у поточних знаннях, що приводить до зниження якості освіти.

Повне розуміння студентом навчального матеріалу відбувається не під час первинного сприйняття матеріалу, а при самостійному відпрацюванні теоретичних понять та при самостійному розв'язуванні практичних завдань і задач прикладного змісту. При цьому необхідний постійний (поточний) контроль виконання

Виникає протиріччя: студент повинен працювати самостійно, тобто без сторонньої допомоги, але без помилок, тобто під постійним контролем. Постійний контроль з боку викладача привчає студента до безвідповідальності: його помилки знаходить викладач, а не він сам. Зміни у проведенні контролю мають бути пов'язані зі зростанням ролі самоконтролю та самооцінки. Необхідно дати студенту можливість не тільки засвоювати зміст навчального матеріалу, але і самостійно контролювати, оцінювати і коригувати свою пізнавальну діяльність. Традиційні методи контролю цього дати не можуть, що призводить до неможливості організувати ефективне продуктивне самостійне навчання.

При вивченні вищої математики роль самоконтролю нерідко трактують дуже вузько, а саме, як самостійне виправлення допущених помилок. Та це лише одна з притаманних йому властивостей. При виконанні математичних завдань самоконтроль охоплює всі етапи діяльності студента: від аналізу умови завдання до завершального аналізу і перевірки результату. Його спрямованість – усвідомлення структури своєї діяльності,



попередження появи помилок, контроль за діями, корекція отриманих проміжних і остаточних результатів. Основною ж функцією самоконтролю є самоуправління людини своєю діяльністю та поведінкою.

У залежності від мети та виду діяльності в математиці застосовують три напрямки самоконтролю: попередній, коригуючий (поточний) та підсумовуючий (заклучний).

Попередній самоконтроль направлений на уявлення та осмислення майбутньої роботи, вибір необхідних дій, уявну актуалізацію загальної схеми розв'язування задачі. Його здійснення є показником ступеня розвитку у студентів уміння планувати, готовності обґрунтовувати життєздатність складеної програми дій. Такий контроль доречний на початку вивчення модуля чи теми.

Коригуючий самоконтроль – це самоконтроль за ходом розв'язування завдання. Найчастіше - це аналіз та оцінка послідовності виконуваних дій, їх змісту, відповідність до плану, перевірка правильності висновків окремих операцій, прогнозування результату. Поточний самоконтроль – це самоконтроль у ході проведення практичних занять, виконання індивідуальних домашніх робіт. Виконуючи окремий крок розв'язку, дію, операцію, студент співвідносить їх з уявним або реальним, або з попереднім досвідом, зразком, еталоном.

Підсумовуючий самоконтроль спрямований на перевірку кінцевого результату та осмислення ходу розв'язування. Він проводиться на етапі завершального аналізу розв'язання і передбачає реалізацію всіх типів контролю. Такий вид самоконтролю допоможе студентам при підготовці до заліків та іспитів.

Китайська мудрість гласить: „ скажи мені – і я забуду; покажи мені – і я запам'ятаю; залучи мене – і я навчусь”. Головна ідея цього висловлювання, „залучи мене,” – підсилюється результатами психолого-фізіологічних досліджень, у яких доведено: тільки те що пройшло через власну моторну чи мислительну діяльність формує на раціонально-почуттєвому рівні певний досвід індивіда, тобто знання.

Для того щоб сформувати у студентів уміння проводити самооцінку своїх дій необхідно:

- включати студентів у контрольну-оцінну та коригуючу діяльність;
- послідовно і систематично навчати їх раціональних методів, прийомів та форм самоконтролю;
- навчати студентів формуванню правильних і раціональних етапів контролю;
- ознайомлювати їх із змінами вимог до норм і критеріїв оцінки;
- акцентувати увагу студентів на внутрішньому контролі умінь та навичок;
- на основі вище названого формувати стійку потребу та навички самооцінки, самоконтролю та розвинених форм рефлексії.

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУР КОНДЕНСАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ, ОСНОВАННЫЙ НА ТЕОРИИ ГРАФОВ

*Жиленко Т.И., ассистент, Жиленко А.И., студент, СумГУ, г. Сумы*

Будучи фазовым переходом первого рода, процесс конденсации может развиваться согласно двум механизмам. В случае спинодального механизма осаждаемый пар термодинамически неустойчив, и конденсат образуется за счёт увеличения амплитуды гомогенных флуктуаций. Для бинадального механизма, когда возможно сосуществование пара и конденсата, эволюция системы сводится к росту размера гетерогенных флуктуаций, представляющих зародыши конденсируемой фазы. В реальных условиях эксперимента центры конденсации образуются в виде моноизгибов на ступеньках поверхности роста, неоднородностей атомно-шероховатой поверхности, мест срачивания кристаллитов и т.п. В результате спинодальный механизм гомогенной конденсации оказывается, как правило, невозможным, и реализуется второй сценарий, известный как классический механизм зарождения и роста новой фазы.

Приведенные экспериментальные данные указывают на иерархическую природу процесса конденсации: сначала на центрах кристаллизации подложки образуются малые кластеры зародышей фазы, затем на их границе происходит вторичная конденсация, которая далее многократно повторяется. В результате образуется характерная сетчатая структура аналогичная той, что наблюдается в процессе образования фазы, ограниченном диффузией.

Полученные таким образом конденсаты имеют сложную сетчатую структуру, для характеристики которой был предложен ряд статистических параметров, используемых в теории графов. Поскольку в рамках предложенной методики представления структуры конденсата сложной сетью значения сетевых параметров будут зависеть от конкретной, сопоставимой структуре конденсата, сетевой модели, то можно говорить только о средних значениях указанных параметров. Однако, как показало численное моделирование процесса роста, полученные неточности незначительно сказываются на итоговых результатах, так как усреднение проводится по большому количеству кластеров напыляемого вещества, составляющих конденсат. Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная методика позволит качественно оценить структурные особенности конденсатов, обладающих сложным сетчатым строением.

## ИНТЕРПОЛЯЦИОННАЯ ЗАДАЧА В КЛАССЕ ЦЕЛЫХ ФУНКЦИЙ НУЛЕВОГО ПОРЯДКА

*Малютина Т.И., доцент, УАБД, г. Сумы;  
Боженко О.А., аспирант, СумГУ, г. Сумы*

Пусть  $\rho(r)$  – уточненный порядок в смысле Валирона,  $\lim_{r \rightarrow \infty} \rho(r) = \rho \geq 0$ . Обозначим через  $[\rho(r), \infty)$  класс целых функций типа не выше чем нормальный при  $\rho(r)$ , т.е. таких, что для функции  $f$  из этого класса существует константа  $K_f > 0$  такая, что

$$\ln|f(z)| \leq K_f V(|z|), \quad z \in \mathbb{C}, \quad (1)$$

где  $V(r) = r^{\rho(r)}$ ,  $r \in [\rho(r), \infty)$ ,  $\lim_{r \rightarrow +0} V(r) \stackrel{\text{def}}{=} 1$

Мы будем рассматривать задачу простой интерполяции в классе  $[\rho(r), \infty)$  при  $\rho = 0$ :

$$F(a_n) = b_n, \quad n \in \mathbb{N}, \quad (2)$$

когда все узлы  $a_n$  различные и имеют одну предельную точку – бесконечность. Неравенство (1) накладывает естественное ограничение на множество  $\{b_n\}$ :

$$\sup_{n \in \mathbb{N}} \frac{\ln^+ |b_n|}{V(|a_n|)} < \infty \quad (3)$$

В настоящей работе мы приводим два критерия разрешимости задачи (2): в терминах канонического произведения и в терминах меры, определяемой узлами интерполяции.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.** Множество  $A = \{a_n\}$  называется интерполяционным в классе  $[\rho(r), \infty)$ , если для любой последовательности чисел  $\{b_n\}$  удовлетворяющей условию (3), существует функция  $F \in [\rho(r), \infty)_+$  со свойством (2).

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.** Функция

$$E(z) = \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{a_n}\right)$$

называется каноническим произведением множества  $A$ .

По заданному множеству  $A$  введём меру  $n_A$  равенством:

$$n_A(G) = \sum_{a_n \in G} 1$$

Через  $C(a, r)$  будем обозначать открытый круг с центром в точке  $a$  радиуса  $r$ ,

$$C(r) \stackrel{\text{def}}{=} C(0, r), \quad n_a \stackrel{\text{def}}{=} n_a(C(r))$$

Обозначим через

$$\Phi_{A,z}(\alpha) = \frac{(n_A(C(z, \alpha|z|)) - 1)^+}{V(|z|)}$$

Теперь мы в состоянии сформулировать теорему.

**ТЕОРЕМА 1.** Пусть  $A = \{a_n\}$  – счётное множество различных точек комплексной плоскости с единственной точкой сгущения на бесконечности,  $\rho(r)$  – уточнённый порядок такой, что  $\lim_{r \rightarrow \infty} \rho(r) = 0$  и функция  $V(r)$  либо а) логарифмически выпуклая на оси  $[0, \infty)$ , либо б) выполняется условие:

$$\sup_{r>0} \frac{1}{\exp V(r)} \max_{1 \leq t \leq r} \left(\frac{r}{t}\right)^{V(t)} < \infty \quad (4)$$

Тогда следующие три утверждения эквивалентны:

- 1) множество  $A$  является интерполяционным в пространстве  $[\rho(r), \infty)$ ;
- 2) каноническое произведение  $E(z)$  множества  $A$  удовлетворяет условию:

$$\sup_{n \in \mathbb{N}} \frac{1}{V(|a_n|)} \ln \frac{1}{E'(|a_n|)} < \infty; \quad (5)$$

- 3) выполняется соотношение:

$$\sup \int_0^{1/2} \frac{\Phi_{A,z}(\alpha)}{\alpha} d\alpha < \infty, \quad (6)$$

Заметим, что теорема верна и при  $\rho > 0$ . В этом случае эквивалентность условий 1) и 2) получена А.Ф. Леонтьевым [1], случай кратной интерполяции рассмотрен А.В. Братищевым и Ю.Ф. Коробейником [2], критерий 3) получен К.Г. Малютиным [4].

#### Список литературы

1. Леонтьев А.Ф. К вопросу об интерполяции в классе целых функций конечного порядка // Матем. сб. - 1957. (83). - С. 81-96.
2. Братищев А.В., Коробейник Ю.Ф.. Кратная интерполяционная задача в пространстве целых функций заданного уточненного порядка // Изв. АН СССР. Сер. мат. - 1976. 40(5). - С. 1102-1127.
3. Гришин А.Ф., Руссаковский А.М. Свободная интерполяция целыми функциями // Теория функций, функцион. анализ и их прил. - 1985. 44. - С. 32-42.
4. Малютин К.Г. Интерполяция голоморфными функциями: дис. канд. физ.-мат. наук. - Харьков, - 1980. - 104с.
5. Малютин К.Г., Герасименко В.А. Свободная интерполяция целыми функциями конечного гамма-типа // Математичні Студії. - 2007. 28(1). - С. 45-50.

## КАНОНИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ДОПУСТИМЫХ МЕР

*Малютин Г.К., профессор, Козлова И.И., аспирант, СумГУ, г. Сумы*

В теории субгармонических функций часто возникает следующая задача: по заданной мере построить субгармоническую функцию, мера которой в точности совпадает с заданной мерой. Классические формулы Вейерштрасса, Адамара дают представление целых функций конечного порядка, нули которых совпадают с заданной последовательностью. Эти формулы были обобщены в работах Рубела [1], Хабибуллина [2, 3], Малютина и Герасименко [4] и др. Целью настоящей работы является получить аналогичные формулы для мер конечного  $\gamma$ - типа, распределенных в верхней полуплоскости  $\mathbb{C}_+$ . Основным инструментом работы является метод рядов Фурье, развитый в работах Рубела и Тейлора для мероморфных функций, и распространенный К.Г. Малютиным на дельта- субгармонические функции в полуплоскости [5].

Мы вводим понятие канонической функции меры конечного  $\gamma$ - типа, распределенной в верхней полуплоскости, которая в случае дискретной меры совпадает с определением канонического произведения Неванлинны, построенного по нулям функции, аналитической в верхней полуплоскости.

В работе было введено следующее определение. Пусть  $\alpha = \{\alpha_k\}$  - некоторая последовательность вещественных чисел. Функции

$$c_k(r; \lambda, \alpha) = r^k (\alpha_k + S_+(r; k)) - S_+'(r; k), \quad k \in N, \quad (1)$$

называются коэффициентами Фурье пары  $(\lambda, \alpha)$ .

Пара  $(\lambda, \alpha)$  называется  $\gamma$  - допустимой, если мера  $\lambda$  имеет конечную  $\gamma$  - плотность и существуют положительные постоянные  $A, B$ , при которых

$$|c_k(r; \lambda, \alpha)| \leq A\gamma(Br), \quad r > 0, \quad k \in N. \quad (2)$$

Мы введем понятие коэффициентов Фурье меры, которое не зависит от выбора последовательности чисел  $\alpha$ , а зависит только от самой меры.

Пусть  $\gamma$  - функция роста. Положим  $p[\gamma] = \infty$ , если для всех  $p \in N$   $\lim_{r \rightarrow \infty} \inf \gamma(r)r^{-p} > 0$ , и  $p[\gamma] = \min\{p: p \in N, \lim_{r \rightarrow \infty} \inf \gamma(r)r^{-p} > 0\}$ , в противном случае.

Для  $1 \leq k < p[\gamma]$  обозначим через  $\eta'_k = \inf \eta_k$ , где нижняя грань берётся по всем  $\eta_k$ , для которых неравенство

$$\frac{\gamma(Br_k)}{r_k^k} \leq 2 \frac{\gamma(Br)}{r^k} \quad (3)$$

выполняется для всех  $r > 0$ . Для этих  $k$  определим

$$\alpha_k = -S_+(\eta'_k; k). \quad (4)$$

Если  $p[\gamma] < \infty$ , то по определению  $p[\gamma]$  существует последовательность  $\{\eta_j\}, \eta_j \uparrow \infty$  при  $j \rightarrow \infty$ , такая, что

$$\lim_{j \rightarrow \infty} \gamma(B\eta_j)\eta_j^{-p[\gamma]} = 0. \quad (5)$$

По предположению имеем  $|S_+(r_m, r_j; k)| \leq \frac{Ay(Br_m)}{r_k^k} + \frac{Ay(Br_j)}{r_j^k}$ .

Из [4] следует фундаментальность последовательности  $\{S_+(r_j; k)\}$  для  $k \geq p[y]$ . Тогда для  $k \geq p[y]$  положим

$$\alpha_k = -\lim_{j \rightarrow \infty} S(r_j; k). \quad (6)$$

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.** Пусть мера  $\lambda \gamma$  - допустима. И пусть в определении (1) в качестве последовательности  $\alpha$  взяты числа, определяемые формулой (4), с заменой  $r_k$  на  $r_k'$ , и формулой (6). Тогда коэффициенты Фурье пары  $(\lambda, \alpha)$  называются коэффициентами Фурье меры  $\lambda$  (соответствующими функции роста  $\gamma(r)$ ).

Введем теперь понятие канонической функции  $\gamma$  - допустимой меры  $\lambda$ . Пусть  $c_k(r) = c_k(r; \lambda)$  - коэффициенты Фурье меры  $\lambda$ . Положим

$$\Phi(\rho e^{i\varphi}) = \sum_{k=1}^{\infty} c_k(\rho) \sin k\varphi.$$

Для  $\rho > 0$  полагаем

$$P_p(z) = -\frac{1}{2\pi} \iint_{C_+(0, \rho)} K(z, \zeta) d\lambda(\zeta), \quad a_p(z) = \frac{\rho}{2\pi} \int_0^\pi \frac{\partial G(z, \rho e^{i\varphi})}{\partial n} \Phi(\rho e^{i\varphi}) d\varphi,$$

$$v_p(z) = a_p(z) + P_p(z),$$

где  $G$  - функция Грина полукруга  $C_+(0, \rho)$ .

Положим теперь  $v(z) = v_p(z)$  при  $|z| < \rho$ .

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.** Функция  $v(z)$  называется канонической функцией меры  $\lambda$ .

**ТЕОРЕМА 1.** Каноническая функция  $\gamma$  - допустимой меры  $\lambda$  принадлежит классу  $\mathcal{I}\mathcal{S}$ , ее коэффициенты Фурье совпадают с коэффициентами Фурье меры  $\lambda$ , а ее полная мера совпадает с мерой  $\lambda$ .

#### Список литературы

1. L.A. Rubel, Современные проблемы теории аналитических функций, Наука, М., 1966.
2. Б.Н. Хабибуллин, "Последовательности нулей голоморфных функций, представление мероморфных функций и гармонические миноранты", Матем. сб., 198(2), 2007, 121-160.
3. Б.Н. Хабибуллин, "Последовательности нулей голоморфных функций, представление мероморфных функций и гармонические миноранты. II. Целые функции", Матем. сб., 200(2), 2009, 129-158.
4. К. Г. Малютин, В. А. Герасименко, "Обобщенные канонические произведения в комплексной плоскости", Вестник Харьковского университета, "Матем., прикл. матем. и механика", 57(790), 2007, 198-205.
5. К. Г. Малютин, "Ряды Фурье и дельта-субгармонические функции конечного гамма-типа в полуплоскости", Матем. сб., 192(6), 2001, 51-70.

# ВПЛИВ ФОРМИ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА НА РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ПОВЕРХНЕВОМУ ОПРОМІНЮВАННІ

*Клименко В.А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми*

Розглядається нестационарна задача теплопровідності напівбесмежного тіла, яке нагрівається на поверхні тепловим потоком, розподіленим з інтенсивністю, пропорційною питомій потужності лазерного випромінювання. Ефективність дії такого джерела залежить крім потужності також від форми розподілу цієї потужності.

Форма розподілу теплового потоку впливає на розподіл температурного поля в процесі лазерної обробки матеріалів.

Розглянемо крайову задачу теплопровідності.

$$\frac{1}{k} \frac{\partial T(r, z, t)}{\partial t} = \Delta T(r, z, t)$$

$\Delta$  – оператор Лапласа в циліндричних координатах

$$T(r, z, t) = 0, \quad r \geq 0, \quad z \geq 0$$

$$K \frac{\partial T}{\partial z} = Aq(r)H(t_s - t), \quad r \geq 0, \quad z = 0, \quad t > 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad r = 0, \quad z \geq 0, \quad t > 0$$

$$T(\infty; r; t) = T(r; \infty; t) = 0; \quad t > 0$$

$T$  – температура;  $r, z$  – радіальна та аксіальна змінні циліндричної системи координат в центрі області нагрівання.

$q, t_s$  – інтенсивність та тривалість випромінювання;  $K; k$  – коефіцієнти тепло – і температуропровідності;  $A$  – коефіцієнт поглинання;  $H$  – функція Хевісайда.

Встановлено, що форма розподілу інтенсивності випромінювання суттєво впливає лише на розподіл температури робочої поверхні тіла.

Якщо потужність випромінювання не є достатньою для розплавлення й випаровування приповерхневого шару, втрати теплової енергії в наслідок радіації та конвекції з поверхні тіла незначні, а теплофізичні властивості матеріалу не залежать від температури.

## Список літератури

1. Рыкалина Н.Н., Углов А.А., Кокора А.Н. Лазерная обработка материалов. М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.
2. Рэди Дж. Действие мощного лазерного излучения. – М.: Мир, 1974.