

З М І С Т

X міжнародна науково - технічна конференція

"Прогресивна техніка та технологія - 2009"

Тези

м.Київ-м.Севастополь, Україна

1. Крижанівський Є.І., Яким Р.С., Шмандровський Л.Є., Петрина Ю.Д. Теоретичні основи обґрунтованого вибору критеріїв відмов і шляхів підвищення довговічності тришарових бурових доліт.....	8
2. Ковальчук Б.І., Зубко Н.Є. Побудова узагальнених діаграм повторного пластичного деформування матеріалів за складного напруженого стану	9
3. Доник В.Д. Исследование газодинамических процессов в гермокабине при аварийной разгерметизации самолета.....	10
4. Ларшин В.П., Якимов А.В. Аналіз ресурсу стійкості різального інструменту	11
5. Ляшенко Б.А., Скуратовський А.К., Радько О.В., Рутковский А.В. Вплив залишкових напружень в іонноазотованому поверхневому шарі на зносостійкість сталі 30ХГСА	12
6. Батлук В.А., Сукач Р.Ю., Басов М.В., Козира І.М. Шляхи вирішення задач безпеки при обробці матеріалів абразивним інструментом.	13
7. Виноградов А.Г. Випаровування дрібнодисперсної води в умовах теплообміну з нагрітим повітрям	15
8. Панасюк О.О., Мініцький А.В., Власова О.В. Розробка порошкових анізотропних матеріалів для магнітних плит.....	16
9. Верезуб Н.В., Симонова А.А. Особенности механической обработки титана с микрокристаллической структурой	17
10. Іскович-Лотоцький Р.Д., Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Управління ефективністю та надійністю технологічних процесів в гнучких інтегрованих виробничих системах.....	18
11. Верещака С.М., Стрелец А.В., Жигилий Д.А. Несущая способность комбинированных баллонов высокого давления.....	19
12. Ступак Д.О., Поздєєв С.В., Осипенко В.І. Фізико-технологічні закономірності пробою рідини та балансу енергії одиночного іскрового розряду.....	20
13. Голуб В.П., Павлюк Я.В. Фернати П.В. Длительное вязкоупругое деформирование слоистых пластиков при переменных режимах нагружения.....	21
14. Чаусов Н.Г., Пилипенко А.П., Березин В.Б. Реализация динамических неравновесных процессов в упругой области материалов.....	22
15. Петраков Ю.В., Амин Афшар Камбиз Технологическая подготовка токарной обработки на станках с ЧПУ	23
16. Пестунов В.М., Стеценко А.С., Ковришкин Н.А. Механические усилители мощности в приводе робототехнических комплексов.....	25
17. Чемерис О.М., Грабовський А.П. Коливання круглих пластин з проміжною опорою.....	26
18. Стрижало В.А., Воробьев Е.В., Новогрудский Л.С. Научное обоснование проекта государственного стандарта Украины «Метали. Метод випробування на розтяг за низьких та криогенних температур»	29

19. Кучер М.К., Земцов М.П., Данильчук Є.Л. Аналіз механічної поведінки плетених поліпропіленових структур	30
20. Кучер М.К., Заразовський М.М. Прогнозування міцності шаруватих пластиків із врахуванням деградації механічних характеристик окремих шарів	31
21. Ламашевский В.П. Влияние вида напряженного состояния на деформирование и прочность теплостойких сталей	32
22. Лебедев А.А. Современное состояние и развитие теорий прочности в механике материалов	33
23. Роговський І.І. Показники надійності продукції сільськогосподарського машинобудування під час сезону її експлуатації	34
24. Повстяной О.Ю., Рудь В.Д. Перспективні технології в машинобудуванні	35
25. Рудь В.Д., Божко Т.Є. Оптимізація умов фінішної обробки деталей із порошкових матеріалів	36
26. Рудь В.Д., Гальчук Т.Н. Триботехнические свойства материалов на основе порошков стали ШХ15	37
27. Данильченко Ю.М., Кломісць В.І. Оцінка перспектив діагностики радіально-упорних кулькових підшипників за деформаціями їх зовнішніх кілець	38
28. Яхно О.М., Струтинський С.В. Дослідження силових характеристик сферичного аеростатичного опорного вузла	39
29. Струтинський В.С. Спеціальні методи теорії поля в динаміці верстатів	41
30. Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Рибачок І.А. Математичне моделювання динамічних характеристик шпиндельного вузла верстата при наявності випадкових збурень в приводі головного руху	43
31. Литвин О.В. Дослідження характеристик точності технологічної системи токарного верстату при обробці нежорстких деталей	44
32. Рибачок І.А. Кінематичний розрахунок установки для магнітно-абразивної обробки черв'яків та ходових гвинтів	45
33. Кушик В.Г. Підвищення надійності роботи цільових механізмів металообробного обладнання	46
34. Филатов Ю.Д., Сидорко В.И., Ковалев С.В., Филатов А.Ю. Эффективность процесса высококачественной обработки неметаллических материалов	47
35. Луговской А.Ф., Шидловский Н.С., Гришко И.А., Кравченко С.О. Экспериментальное исследование технологического процесса ультразвуковой кавитационной стирки	48
36. Гавриш А.П., Роїк Т.А., Мельник О.О., Віцюк Ю.Ю. Вимірювання температури в зоні різання при магнітно-абразивному обробленні	50
37. Стеблюк В.І., Каложний О.В. Досвід використання методу скінчених елементів при розрахунках процесів листового штампування	51

38. Бабенко А.С., Боронко О. О., Бойко С.Л. Вимушені коливання елементів теплозахисного шару літальних апаратів багаторазового використання	52
39. Ляшенко Б.А., Скуратовський А.К., Радько О.В., Целіщев Ю.П. Вплив параметрів імпульсного газотермоциклічного іонного азотування на характеристики сталевих матеріалів	53
40. Тимошенко, О.В. Мохонько О.А. Розрахунок критичних значень пошкоджуваності конструкційних матеріалів при пружно-пластичному навантаженні	54
41. Коваль В.В. Вплив пошкоджуваності елементів конструкцій на НДС у зонах концентрації напружень при малоцикловому навантаженні	55
42. Грабовський А.П. Тензор накопичення пошкоджень пошкоджень в конструкційних матеріалах	56
43. Шидловський М.С., Маланчук О.В., Копчак А.В., Шпак Д.Ю. Методика вимірювань механічних характеристик кісткової тканини людини	57
44. Шидловський М.С., Бур'янов О.А., Котюк В.В., Тимошенко О.В. Результати стендових натурних випробувань систем апарат-кістка для лікування пальцевих суглобів	59
45. Шидловський М.С., Полулях М.В., Юрійчук Л.М., Шпак Д.Ю. Метод вимірювання жорсткості систем фіксації переломів стегнових кісток людини	60
46. Милокост С.Ю., Тищенко О.А., Сидоренко Ю.М., Войтенко С.Д. Дослідження процесу деформування корпусу контейнера для знешкодження саморобних вибухових пристроїв	62
47. Шукаєв С.М., Заховайко О.П., Гладський М.М., Панасовський К.В., Павлюченко В.Л. Малоциклова втома металевих сплавів за умов непропорційного двовісного деформування	64
48. Іскович-Лотоцький Р. Д., Севостьянов І.В. Аналіз способів сепарування вологих дисперсних матеріалів та обладнання для їх реалізації	65
49. Лавренко Я.І. До питання про визначення ресурсу конструктивних елементів при змінних навантаженнях	66
50. Пономаренко П.А., Фролова М.А. К вопросу образования радиоактивного углерода в стратосфере под действием космических нейтронов	68
51. Высочин В.А., Петроченко Н.В. Стенд для испытания и доводки автономных ветроэлектрических установок	69
52. Попов И.А., Качур С.А. Адаптивные системы управления на базе сетей Петри с прогнозирующей моделью реактора для атомных энергетических установок	70
53. Моисеев Д.В. Широкодиапазонный спектрометр повышенной точности	71
54. Никишин В.В. Оптический метод измерения паросодержания	72

55. Омельчук Ю.А., Гомеля Н.Д., Рудковская Е.В. Стабилизационная обработка воды для экологически безопасных систем водопотребления в энергетике.....	73
56. Ковалев Н.И., Солдатов С.В., Белявский Г.А. Возможность использования комплекса «Поиск» для обнаружения экологически опасных объектов в водной среде и районирования подводных загрязненных грунтов.....	74
57. Пономаренко П.А., Тяпкина В.А. К вопросу основ экспериментального определения динамического спектра быстрых нейтронов.....	75
58. Новік М.А., Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я. Пневмогидравлічний генератор коливань наднизьких частот для стимуляції продуктивності нафто- та газоносних свердловин.....	76
59. Новік М.А., Кучерук Ю.М., Ковальчук Д.П. Багатопозиційні електрогидравлічні та електропневматичні приводи з комбінованою системою керування.....	77
60. Новік М.А., Кузнецов Ю.М., Музиченко В.В. Удосконалення гідромеханічних затискних механізмів із самогальмуючими затискними елементами.....	78
61. Турик В.М. Про взаємну сприйнятливості вихрових структур і керування ними.....	79
62. Бондарев С.В., Горбатенко Ю.П. Дослідження та аналіз динаміки періодів пуску і гальмування в електромеханічній системі пасажирського ліфта з канатоведучим шківом.....	80
63. Цыбенко А.С., Кришук Н.Г., Дуравкин И.П. Прогнозирование сверпаркового остаточного ресурса главных паропроводов ТЭС.....	81
64. Пасічник В.А., Лашина Ю.В., Кореньков В.М. До питання виявлення кінематичних ланцюгів у складальних виробках.....	83
65. Кришук М.Г., Маланчук В.О., Копчак А.В. Математичне моделювання та дослідження механічних властивостей біомеханічних конструкцій людини при хірургічному лікування складних переломів щелепи.....	84
66. Цыбенко А.С., Кришук Н.Г., Конюхов А.С., Коваль В.П. Расчетно-экспериментальное исследование динамических характеристик обтекателя ракето-носителя «Циклон-4».....	86
67. Залога В.А., Дядюра К.А. О системно-синергетическом подходе к исследованию открытой системы жизненного цикла машиностроительного изделия.....	88
68. Бабак А.М., Махонько О.А. Застосування однофакторного дисперсійного аналізу визначення залежностей механічних характеристик для конструкційних матеріалів.....	89
69. Трубачев С.І. Визначення НДС багатополосових композитних конструкцій з урахуванням нелінійного закону розподілу переміщень по товщині.....	90
70. Сахаров О.С., Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Кушнір М.С. Моделювання пружної деформації конструктивних елементів обладнання в процесах формування полімерних виробів.....	91

71. Колосов О.С. Розроблення і патентування методики розрахунку ультразвукового кавітаційного пристрою з випромінюючою пластиною, що використовується для ультразвукової модифікації рідких епоксидних композицій та інтенсифікації процесів просочування та дозованого нанесення.....	92
72. Eugeniusz Rusinski, Piotr Harnatkiewicz, Przemyslaw. Moczko, Bogdan Yakhno The lifetime prediction of components subjected to high pressure and high frequency loads.....	93
73. Tadeusz Smolnicki, Grzegorz Pekalski, Pawel Harnatkiewicz The analysis of influence of plastic deformation wear of bearing of excavator according to the macro and micro material changes.....	93
74. Artur Kopczynski, Eugeniusz Rusinski, Jacek Karlinski Some aspects of spot-welded longitudinal beams used as energy absorbers.....	93
75. Artur Kopczynski, Eugeniusz Rusinski, P. Harnatkiewicz Numerical simulations of spot welded high strength steel thin-walled beams subjected to axial crushing.....	94
76. Mariusz Ptak, Eugeniusz Rusinski, Artur Kopczynski, P. Harnatkiewicz, Pawel Kaczynski Virtual Testing in terms of the pedestrians passive safety improvement.....	94
77. Mariusz Ptak, Eugeniusz Rusinski, Artur Kopczynski, P. Harnatkiewicz Performance of frontal protection systems in pedestrian impact tests in accordance with the Regulation 78/2009 European Parliament and of the Council.....	94
78. Eugeniusz Rusinski, Jerzy Czmochocki, Pawel Kaczynski, Piotr Harnatkiewicz The fracture analysis of a loading elevator undercarriage - strengthening proposals.....	95
79. Стась С.В. Анализ гидродинамических характеристик потока жидкости в специальных пожарных стволах и насадках щелевого типа.....	95
80. Яхно О.М., Семінський О.О., Семінська Н.В. Вплив поверхневого натягу на формування початкової ділянки струменя середнього тиску.....	96
81. Криворучко Д.В., Залога В.А., Залога О.А. Исследование влияния параметров модели трения на распределение контактных напряжений, силы и температуру резания при механической обработке сталей.....	97
82. Цыбенко А.С. Реактивное движение без отбрасывания массы.....	98
83. Стеблюк В.І., Розов Ю.Г., Савченко Д.М., Холявік О.В., Азарх І.П. Вдосконалення пристрою для відрізання трубчастих заготовок зсувом і скручуванням.....	100
84. Смирнов Е.Н., Скляр В.А. Конечно-элементное моделирование процесса двухстадийного деформирования непрерывнолитых blooms на стадии неполной кристаллизации.....	101
85. Стеблюк В.І., Холявік О.В., Кржиштов Лукасик Досвід комп'ютерного моделювання витягування коробчастих виробів із заготовок, розрахованих методом потенціалу.....	102
86. Мозговий О.В. Розсіяння механічної енергії в матеріалах з неоднорідним розподілом властивостей.....	103
87. Азарх І.П., Стеблюк В.І. Вдосконалення конструкції пристрою для витягування-волочення особливо тонкостінних трубчастих виробів.....	104

УДК 622.24.051.004.6

Є.І. Крижанівський д-р.техн.наук, Р.С. Яким канд.техн.наук, Л.Є.Шмандровський
Ю.Д. Петрина д-р.техн.наук
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-
Франківськ, Україна

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОБҐРУНТОВАНОГО ВИБОРУ КРИТЕРІЇВ ВІДМОВ І ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

Робота присвячена розв'язанню актуальної проблеми обґрунтованого вибору критеріїв, за якими можна оцінювати відмови тришарових бурових доліт і підходити до розв'язання проблеми підвищення їх довговічності.

Запропоновано структурно-логічні моделі відмови долота. Виділено базові чинники, на основі яких формуються події і переходи в структурно-логічній моделі: фізико-механічні, технологічні, експлуатаційні властивості матеріалів долота (забезпечення сприятливого технологічного спадку, теплостійкості, міцності, зносостійкості відповідальних елементів долота та ін.); досконалість конструкції долота (забезпечення ефективності захисного озброєння, системи мащення і промивання, надійність кріплення твердосплавного озброєння, досконалість конструкції підшипників опори, лапи, шарошки та ін.); досконалість технології виготовлення долота (забезпечення функціонально орієнтованої технології виготовлення деталей долота, забезпечення сприятливого технологічного спадку впровадженням високотемпературної термомеханічної обробки заготовок, досконалої технології механічної та хіміко-термічної обробки і наплавлення, забезпечення необхідної точності операцій складання долота та ін.).

Логічна послідовність подій буде формувати відмову долота за наступними причинами: вихід з ладу твердосплавного озброєння; руйнування тіла шарошки; вихід з ладу опори; вихід з ладу системи очищення долота; злом лапи долота; руйнування захисного озброєння козирка спинки лапи. Відповідно, критеріями відмов будуть мінімальні перерізи в ступенево-логічній моделі. Мінімальний переріз визначається мінімальною множиною логічних подій, реалізація яких призводить до відмови шарошкового долота. Генерація таких послідовностей відкриває можливості до усестороннього дослідження причин відмов, і відповідно, ставити задачу про посилення вимог якості, що забезпечує усунення негативного чинника.

Отже ступенево-логічний аналіз виходу з ладу шарошкових доліт дає можливість виявити взаємозв'язок між підконтрольними чинниками та відмовами з позиції параметрів технічного стану елементів долота. Використовуючи критерій мінімізації мінімальних перерізів можна формулювати відповідні вимоги до якості всіх засобів і заходів на всіх етапах створення бурових доліт, що веде до підвищення їх довговічності.

УДК 539.374

Б.І. Ковальчук, д-р. техн. наук, проф., Н.Є. Зубко, магістр
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПОБУДОВА УЗАГАЛЬНЕНИХ ДІАГРАМ ПОВТОРНОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЗА СКЛАДНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ

Вивчення діаграм повторного деформування має важливе значення як для дослідження закономірностей деформаційного зміцнення матеріалів, так і для розв'язання задач про напружений і деформований стан конструкцій в пластичній області при повторно-статичному і циклічному навантаженнях. Відомі підходи (Г. Мазінга, Г. Шої, Р. Вуллі, В.В. Москвітін, А.П. Гусенкова і Р.М. Шнейдеровича) до аналітичного описання діаграм повторного деформування стосувались випадку, коли кут між траєкторіями початкового і повторного навантаження в просторі напружень складав 180° .

Запропонована робота присвячена розробці методики побудови діаграм пластичного деформування початково ізотропних матеріалів в координатах інтенсивності напружень – інтенсивності деформацій при повторному навантаженні по довільно орієнтованій в просторі напружень променевій траєкторії, яка не збігається з траєкторією попереднього навантаження.

Для оцінки деформаційного зміцнення матеріалу використовується поверхня текучості, побудована за малими допусками на пластичну деформацію (поверхня пропорційності), еволюція якої при пластичному деформуванні описується відомими моделями.

В залежності від відносного розташування траєкторій повторного і попереднього навантаження границі текучості (пропорційності) деформованого матеріалу можуть бути більшими або меншими, чим границі текучості (пропорційності) матеріалу у вихідному стані. В залежності від цього в просторі напружень розрізняють області розтягу і стиску, межі яких визначаються деякою конусною поверхнею, що містить лінію перетину поверхонь текучості матеріалу у вихідному і деформованому станах.

Методика побудови діаграм деформування для траєкторій, що лежать в зоні розтягу, базується на експериментально установленому факті, що указані діаграми після деякої деформації (0,2...0,4%) практично збігаються з ділянками кривої одноосного розтягу, якщо осі координат діаграм змістити на величину пластичної деформації, якій відповідають на кривій границь пропорційності напруження, рівні границям пропорційності, для розглядуваних траєкторій. Криву границь пропорційності одержують з досліду на розтяг з періодичними розвантаженнями, а границі пропорційності для траєкторій повторного навантаження – з поверхні текучості деформованого матеріалу.

Методика побудови діаграм для траєкторій, що лежать в зоні стиску, базується на використанні узагальненого на складний напружений стан принципу Мазінга-Москвітін, згідно з яким початок системи координат, в якій будується діаграма повторного деформування, береться на кривій границь пропорційності при розтягу, а його положення визначається кривою границь пропорційності при стиску, яка є еквідистантною з кривою границь пропорційності при розтягу, і значенням границі пропорційності матеріалу для траєкторії повторного навантаження.

Експериментальна перевірка методів, проведена на сталі зі складною трансформацією поверхні текучості під час деформування, дала задовільні результати.

УДК 629.735.33.027.2

В.Д. Доник, канд. техн. наук

Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, г.Киев, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГЕРМОКАБИНЕ ПРИ АВАРИЙНОЙ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ САМОЛЕТА

Исследование газодинамических процессов в гермокабине при аварийной разгерметизации самолета является одной из важных задач по обеспечению жизнедеятельности людей. Установление основных закономерностей изменения параметров газа в гермокабине позволяет повысить уровень знания об исследуемом объекте. На основании полученных новых данных представляется возможным обеспечить высокий уровень разработки гермокабины самолета.

Объектом рассмотрения являются отсеки герметичной части самолета и устройства, которые обеспечивают стравливание давления газа по требуемому закону. Для уменьшения давления в гермокабине используется клапан и крышка, которая отделяется от фюзеляжа и уносится набегающим потоком. Предметом исследования являются параметры газа (давление, температура, плотность) в гермокабине при аварийной разгерметизации.

Измерения давления газа в гермокабине проведены при открытии клапана и крышки. Особый интерес вызвали исследования принудительного открытия крышки из проема и отделение её от фюзеляжа. В процессе исследований установлено, что имеются два характерных режима изменения давления газа в гермокабине. На первом режиме происходит открытие крышки из проема и образуется зазор между крышкой и каркасом фюзеляжа. Скорость уменьшения давления воздуха в гермокабине составляет $\frac{dP_i}{dt} = -3,8 \frac{\text{кПа}}{\text{с}}$. На втором режиме уменьшение давления газа в гермокабине происходит при отсутствии в проеме крышки. Резкое падение давления газа в отсеке имеет максимальную скорость $\frac{dP_i}{dt} = -212,5 \frac{\text{кПа}}{\text{с}}$. Для описания процессов в гермокабине проведены численные исследования по выбору предпочтительной математической модели. В результате сопоставления результатов расчета и эксперимента установлено, что с помощью математической модели для политропного процесса представляется возможным описать изменение параметров газа в отсеке для двух режимов течения газа. Определены основные параметры математической модели. Исследованы преимущества и недостатки разработанной математической модели. Максимальная погрешность расчета давления газа в отсеке составляет 3,1%.

УДК 621.923

В.П. Ларшин д-р. техн. наук, А.В. Якимов д-р. техн. наук

Одесский национальный политехнический университет, г.Одесса, Украина

АНАЛІЗ РЕСУРСУ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Високошвидкісна механічна обробка (у закордонній літературі High Speed Machining або HSM) належить до одного з перспективних напрямків розвитку сучасної технології машинобудування. Цей напрямок містить вирішення комплексу технологічних і конструкторських завдань.

Одним з багатьох (але не менш важливим, ніж інші) аспектів проблеми високошвидкісного різання є з'ясування впливу мастильно-охолоджуючих технологічних засобів (MOTЗ) як технологічного резерву підвищення швидкості різання. Відомі також численні приклади високошвидкісного різання без застосування яких-небудь MOTЗ або з використанням спеціальних рідинних MOTЗ типу Castrol (наприклад, на японських токарних обробних центрах Mazatrol 640TN IVS-2000, WFL MILLTURN M35-G та інших верстатах з ЧПК).

Відсутність рекомендацій і технологічних досліджень з високошвидкісного різання стримує розвиток цього прогресивного напрямку на верстатах з ЧПК. У цьому зв'язку в даній роботі здійснено аналіз взаємозв'язку між двома технологічними резервами: збільшенням періоду стійкості різального інструменту й збільшенням швидкості різання (а також подачі та глибини різання), що стало можливим внаслідок цього. При цьому зростання режимних параметрів різання приводить до відповідного зменшення періоду стійкості, наприклад, до базового його значення (стосовно якого мало місце збільшення періоду стійкості). Причини, які привели до зростання періоду стійкості, у роботі не розглядаються. Такими причинами можуть бути, наприклад, застосування більш ефективної мастильно-охолоджуючої рідини або твердого технологічного змашення, застосування нового інструментального матеріалу, зміна геометричних параметрів різальних лез, поліпшення оброблюваності матеріалу заготовки та інші.

У роботі виконано аналіз «розширеного» рівняння Ф. У. Тейлора для стійкості різального інструменту, що зв'язує величину стійкості з режимами різання (швидкістю різання, подачею й глибиною різання) для даної комбінації «інструмент-заготовка» і даної геометрії інструменту.

Введено новий технологічний параметр (коефіцієнт технологічної ефективності), що показує, у скільки разів може бути збільшена швидкість різання (а також подача та глибина різання), якщо за інших рівних умов стійкість інструменту зросте на величину, пов'язану з цим параметром отриманої в роботі залежності.

Виконаний аналіз математичної моделі процесу різання можна застосувати для оцінки ефективності різних технологічних новацій, пов'язаних зі збільшенням періоду стійкості різального інструменту.

УДК 623.746: 629.7.083.003.13 (045)

Б.А. Ляшенко¹, д-р техн. наук, А.К. Скуратовський², канд. техн. наук,
 О.В. Радько³, канд. техн. наук, А. В. Рутковський⁴, канд. техн. наук
 1 - Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, Україна,
 2 - НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна
 3 - Національна академія оборони України, м. Київ, Україна,
 4 - Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, Україна,

ВПЛИВ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ІОННОАЗОТОВАНОМУ ПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 30ХГСА

Перспективним методом поверхневого зміцнення на сучасному етапі розвитку інженерії поверхні вважається імпульсне газотермоциклічне іонного азотування (ГТЦ ІА), при якому поєднуються переваги використання пульсуючого струму високої напруги та газотермічних циклів насичення поверхневих шарів матеріалу азотом. При цьому значно підвищується інтенсивність дифузійного насичення, скорочуються витрати електроенергії, реакційних газів, підвищується безпека та якість обробки деталей. Завдяки застосуванню даної технології значно підвищуються ряд експлуатаційних властивостей оброблених деталей, зокрема зносостійкість та корозійна тривкість.

Проведені дослідження напруженого стану зразків зі сталі 30ХГСА показали, що після зміцнення імпульсним ГТЦ ІА в іонноазотованих поверхневих шарах виникають залишкові напруження стиску, які є наслідком збільшення концентрації зв'язаного азоту. Рівень і розподіл напружень залежать від технологічних параметрів процесу формування дифузійного шару, а також від попередньої термообробки.

Триботехнічними дослідженнями встановлено, що зміцнення іонною імплантацією азотом у імпульсному газотермоциклічному режимі поверхневих шарів сталі 30ХГСА забезпечує зменшення інтенсивності зношування та коефіцієнта тертя відповідно в 1,7...2,1 й 1,5...1,9 рази порівняно із аналогічними характеристиками оброблених за традиційною технологією шарів.

Наступні дослідження залежностей трибологічних характеристик зміцнених зразків від залишкових напружень у сформованих поверхневих шарах показали, що математично вони можуть бути апроксимовані рівняннями квадратичного тричлена. Крім того виявлено, що існує діапазон напружень, при яких інтенсивність зношування та коефіцієнт тертя є мінімальними. Оптимальні значення залишкових напружень знаходяться у межах -650...-850 МПа (залежно від технологічних параметрів імпульсного ГТЦ ІА).

Таким чином, з'являється можливість за рахунок підбирання режимів імпульсного ГТЦ ІА досягати необхідних значень залишкових напружень та керувати процесом формування зносостійких іонноазотованих шарів.

УДК 621.928.9

В.А. Батлук д-р.техн.наук, професор, Р.Ю. Сукач співшукач, М.В. Басов
 співшукач, І.М. Козира співшукач.
 Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м.Львів, Україна

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ БЕЗПЕКИ ПРИ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ АБРАЗИВНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

При механічній обробці деталей на металообробних верстатах виділяється велика кількість пилу. При цьому треба зауважити, що, якщо стружку ми бачимо і відчуваємо, то дрібний пил, який утворюється при нагріванні сталі і чавуну при обробці у вигляді модифікацій вуглецю, ми не бачимо, а він являється найнебезпечнішим для здоров'я людини, осідаючи, в першу чергу, в легенях і від нього в першу чергу треба позбавитися.

Метою очистки повітря від пилу і стружки є: зменшення ймовірності виробничого травматизму, кількості професійних захворювань і безповоротних втрат металів; створення комфортних умов праці, доводячи виділення шкідливих речовин до норм ГДК; збільшення роботоздатності верстатів, автоматичних ліній, роботизованих систем; підвищення культури виробництва.

У даний час на Україні існує декілька заводів по випуску шліфованих і заточних верстатів, які, вирішуючи питання виготовлення сучасних верстатів, не можуть забезпечити їх пристроями для відводу і вловлення пилу, що утворюється при їх роботі через те, що не існує високоефективних пило-стружкоприймачів та апаратів для очищення повітря від пилу при їх роботі. Тому метою нашої роботи є: вивчення закономірності формоутворення і направлення руху потоку стружки і пилу; зміни дисперсного складу стружки та пилу в результаті вловлення; розробка ефективних систем видалення стружки і пилу при обробці заготовок криволінійної форми; а також компактних пристроїв для відділення стружки і пилу з повітря.

З цієї метою нами визначена запиленість на заточних і шліфовальних дільницях, в процесі роботи яких утворюється металевий і абразивний пил, при застосуванні різних діаметрів шліфувальних кругів, як без охолодження, так і при охолодженні олією і емульсією, проведений аналіз дисперсного складу абразивного і металевого пилу, що утворюється при заточуванні інструменту, проведена паспортизація робочих місць.

У результаті вимірювань виявлено: для точно-шліфувальних верстатів 2-х сторонніх (їх два) метеорологічні умови і шум, знаходяться в нормі, а запиленість в 5 разів перевищує допустиму, освітлення в 2 рази менше допустимого; для точно-шліфувальних верстатів одностороннього і 3Б634: метеорологічні умови і рівень шуму в межах норми, запиленість перевищує в 7 разів ГДК, освітленість не відповідає нормам; для заточувального верстата всі параметри відповідають нормованим, а рівень пилу в 8 разів перевищує ГДК; для верстату перехресно-шліфувального ШЗМ всі параметри відповідають нормованим, крім запиленості, яка перевищує ГДК в 4 рази; для стрічково-шліфувальних верстатів запиленість перевищує ГДК в 20 разів; згідно таблиці 4 для плоско-шліфувальних верстатів підключених до вентиляційної системи вдалося знизити запиленість робочої зони до норм ГДК, в той же час, як у верстатів, які не підключені до системи вентиляції, запиленість

перевищує допустимі норми в декілька разів. В будь-якому випадку для всіх вищенаведених верстатів необхідно передбачити ефективну систему відділення частинок пилу від пилоповітряного потоку. Зазвичай, це двоступенева очистка повітря від пилу, де в якості першого ступеня застосовуються апарати сухого принципу дії - найчастіше-циклони ЦН-11, а для другого ступеня Використовуються фільтри. В залежності від характеру пилу, пилового і повітряного навантаження на одиницю поверхні фільтра визначається період очищення фільтру, тому що з ростом кількості пилу, що осів на його поверхні, різко зменшується ефективність роботи.

Метою нашої роботи є створення такої установки видалення пилу, що утворюється в процесі обробки абразивним кругом, яка була би в змозі не тільки максимально можливо направити її в пилоприймальник, але й вловити його в пиловловлювачі принципово нової конструкції без використання фільтрів. Для цього ми пропонуємо застосувати індивідуальний відсмоктуючий пристрій, який виконується у вигляді окремого агрегату, конструктивно не пов'язаного з верстатом і який має цілий ряд переваг: можливість застосування для різних верстатів; перестановки з одного верстата на інший, використання його в якості пилотяга для прибирання приміщень після закінчення робочого дня, вбудування його у верстат, техніко-економічна доцільність централізованого виготовлення їх спеціалізованим заводом, високий ступень очищення.

У запропонованому пиловловлювачі відбуваються наступні етапи очистки повітря від пилу: перша - відцентрова у циліндричній частині корпусу апарата зразу після входу пилоповітряної суміші в пиловловлювач 4; друга - інерційна при проходженні суміші через щілини між жалюзі відокремлювача; третя - знов відцентрова при проходженні через завихрювач; четверта - відцентрова всередині жалюзійного відокремлювача при притискуванні до внутрішньої поверхні жалюзі; п'ята - мокра при попаданні потоку на шар води; шоста - при проходженні через щілини у верхній частині відокремлювача потоку у відсмоктуючу камеру.

Із проведених експериментальних досліджень виявлено, що ефективність запропонованого пиловловлювача, підвищується на 4-7% в порівнянні з найкращим із існуючих апаратів циклоном ЦН-11, але при цьому гідравлічний опір зменшився в 1,5 - 1,8 рази, на відміну від прототипу він має постійний режим роботи, не змінюючи опір, з часом не потребує очистки через певні години роботи та досить зручний в експлуатації і при цьому зменшилися енерго- і металоємність. Переваги запропонованої конструкції очевидні. Збільшення ефективності пиловловлення у запропонованому апараті досягається вибором оптимальних параметрів руху пило-газової суміші в апараті.

Технологічні випробовування дослідно-промислової установки для очистки повітря на заточувальній ділянці ВО «Електрон» показали, що ефективність вловлення пилу складає 92,5% (тоді як циклону всього 85%), що дозволяє зменшити шкоду навколишньому природному середовищі (НПС), призупинити швидке зношування основних фондів, поліпшити умови праці, довести викиди до норм ГДК і ГДВ.

Запропонована конструкція менша за розмірами, що дозволяє зекономити капітальні вкладення, має менший на 40-50 Па гідравлічний опір ніж у циклона ЦН-11, що дозволяє зменшити витрати електроенергії та проста, зручна і легка в обслуговуванні.

Дана установка рекомендована для впровадження на всіх шліфувальних і заточних верстатах, які сьогодні випускаються промисловістю і вже встановлені на цілому ряді.

УДК 533.6.011.6:614.628

А.Г. Виноградов, канд. фіз.-мат. наук, доц.

Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, м. Черкаси, Україна

ВИПАРОВУВАННЯ ДРІБНОРОЗПИЛЕНОЇ ВОДИ В УМОВАХ ТЕПЛООБМІНУ З НАГРІТИМ ПОВІТРЯМ

Виконані теоретичні дослідження процесу випаровування дрібнорозпиленої води з метою отримання кількісних результатів щодо залежностей часу випаровування крапель від їх розмірів та від ряду технічних і термодинамічних параметрів.

На основі теоретичного аналізу отримане рівняння, що визначає залежність радіуса краплі води r від часу t при випаровуванні:

$$dr = - \frac{0,622 \cdot A \cdot \alpha}{\rho_s \cdot c_p \cdot \left(p_0 \cdot 10^{\frac{B}{T}} - A \right)} \cdot dt$$

Для нерухомої краплі з початковим радіусом r_0 , яка вже нагрілася до рівноважної температури T_k , знайдений час її повного випаровування:

$$t_{\text{вип}} = \frac{\rho_s \cdot c_p \cdot \left(p_0 \cdot 10^{\frac{B}{T_k}} - A \right)}{1,24 \cdot A \cdot \lambda} \cdot r_0^2$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі краплі, ρ_s – густина води, c_p – ізобарна теплоємність повітря, λ – коефіцієнт теплопровідності повітря, $A = 9,50167 \cdot 10^{10}$ і $B = 2224,2$ – емпіричні константи, p_0 – атмосферний тиск, f – теплота пароутворення води.

Залежність рівноважної температури T_k від температури повітря T_n визначається співвідношенням:

$$T_n = \frac{0,622 \cdot A \cdot f}{c_p \cdot \left(p_0 \cdot 10^{\frac{B}{T_k}} - A \right)} + T_k$$

Визначені умови застосування знайдених рівнянь, виконані кількісні розрахунки в MathCAD, побудовані відповідні графіки.

Аналіз отриманих співвідношень дозволяє зробити висновки щодо кількісних параметрів процесу випаровування для типових умов пожежі. Зокрема, визначено, що з метою отримання високої ефективності процесу пожежогасіння розпиленою водою необхідно використовувати воду з високим ступенем дисперсності, середній радіус крапель якої не повинен перевищувати 0,1 мм.

Наступним етапом дослідження повинно бути вдосконалення методики розрахунку з урахуванням динаміки охолодження повітря. Це дасть можливість зробити практичні висновки щодо методів оптимізації параметрів розпиленої водяних струменів при їх використанні в практиці пожежної охорони.

УДК

О.О. Панасюк¹, А.В. Мініцький², О.В. Власова¹¹ - Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України² - НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

РОЗРОБКА ПОРОШКОВИХ АНІЗОТРОПНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ МАГНІТНИХ ПЛИТ

Розвиток основних галузей сучасного машинобудування вимагає застосування в ньому електротехнічних матеріалів рівень вимог до яких, постійно зростає. Зокрема, автомобільна промисловість, приладо- та верстатобудування споживають велику кількість магнітних матеріалів, що використовуються в якості магнітопроводів різних конструкцій, реле та адаптерів для плоскошліфувальних верстатів. Експлуатаційні умови роботи таких деталей вимагають створення шаруватих матеріалів, які поєднують в собі високі магнітні характеристики з підвищеною твердістю і високою зносостійкістю. Перевагою шаруватих виробів, що виготовляються методами порошкової металургії, у порівнянні з технологією складання з листових електротехнічних сталей різних марок, є можливість конструювання магнітопроводів необхідних габаритів і конфігурації.

Матеріали з анізотропною макроструктурою створювали шляхом чергування ферромагнітних складових, виготовлених традиційними методами порошкової металургії і прошарків із речовин, що не проводять струм. Схема виготовлення дослідних магнітопроводів із шаруватою структурою включає в себе пресування із залізних порошків вихідних зразків, що потім набираються в цільну конструкцію з різною кількістю неметалевих, органічних чи металевих шарів. При виготовленні зразків магнітно-м'яких матеріалів з шаруватою макроструктурою необхідно також, враховувати геометричні розміри магнітопроводів. Тому, окрім складу прошарків в роботі була досліджена залежність магнітних властивостей від товщини ферромагнітної складової магнітопроводу. При цьому встановлено, що магнітна індукція суттєво залежить від площі перетину яка промагнічується і визначається глибиною проникнення магнітного потоку в зразок.

Аналіз властивостей магнітопроводів, що складаються з двох- і більше шарів, отриманих чергуванням ферромагнітних складових з металевими і неметалевими немагнітними прошарками показав, що такі шаруваті конструкції мають більш низькі значення магнітних втрат у порівнянні з суцільнопресованими з залізних або легированих залізних порошків тієї ж висоти і виготовленими по однакової технологічній схемі

Випробування анізотропних магнітних плит проведені з використанням методики, яка полягає у визначенні міцності на відривання сталевго циліндра від поверхні експериментальних магнітних плит, показали, що максимальну міцність на відрив має плита, у якій товщина прошарку складає 1 мм.

Отримані результати дозволили зробити висновок про те, що розроблені анізотропні порошкові магнітно-м'які плити задовольняють вимогам, які висуваються до магнітних плит для плоскошліфувальних верстатів, що дозволяє рекомендувати розроблені плити як універсальні адаптери для одночасної обробки дрібно розмірних деталей, а також для виготовлення електромагнітних затискувачів і гальмових пристроїв.

УДК 620.179.5

Н.В. Вереzub д-р.техн.наук, проф., А.А. Симонова аспірант

НТУ України «Харківський політехнічний інститут», г.Харьков, Україна

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТИТАНА С МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Приведені результати експериментальних досліджень, які підтверджують вплив температурного та часового факторів на ріст зерна та зниження оброблюваності дрібнокристалічного титану BT1-0, отриманого методом інтенсивної пластичної деформації.

Experimental investigation results supporting influence the temperature and time factors on the grain growth and reduction of the fine-crystalline titanium BT1-0 workability, ensued from the intense plastic deformation, are covered.

Объемные нанокристаллические и микроструктурные металлы получили применение в авиационной, автомобилестроении и медицине [1, 2]. Детали из микро- и нанокристаллических материалов изготавливаются с помощью механической обработки.

Значительный интерес представляет исследование особенностей механической обработки микроструктурного титана.

В качестве объекта исследования был выбран технически чистый титан BT1-0, с химическим составом (% по массе): С – 0,07; Fe – 0,18; Si – 0,10; O – 0,12; N – 0,04; H – 0,01; Al – до 0,6. Исследовали различные заготовки: горячекатаные прутки Ø15 мм (исходные заготовки) и заготовки шестигранной формы размером 25×20мм, получены после процесса всестороннейковки [3].

Установлено значительное изменение формы стружки от условий обработки, которая трансформируется от сливной к суставчатой стружке при увеличении скорости, и от сливной к элементной стружке при увеличении подачи.

Результаты экспериментов по определению коэффициента усадки стружки и шероховатости обработанной поверхности показали, что усадка микроструктурного титана ниже, чем у крупнокристаллического в связи с уменьшением пластичности металла, полученного методом ИПД [4]. В связи с увеличением скорости и, как следствие, ростом температуры в зоне резания в микроструктурном титане происходит рост зерна, приводящий к снижению прочности, твердости и повышению пластичности. Это приводит к увеличению усадки стружки и шероховатости обработанной поверхности в микроструктурном титане до показателей крупнокристаллического титана.

Резкое снижение микротвердости связано с процессом рекристаллизации в микроструктурном образце, имеющем нестабильную зеренную структуру [5], вызванном повышением температуры в зоне резания при увеличении скорости резания.

Для сохранения высоких физико-механических свойств микро- и нанокристаллических металлов и улучшенной обрабатываемости установлена область рациональных режимов резания, которые обеспечивают стабильность микро- и наноструктуры металла.

Список литературы: 1. Hornyak G., Dutta J., Tibbals H., Rao A. Introduction to Nanoscience – CRC Press, N.Y., 2008. 815p. 2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. 271с. 3. Салищев Г.А., Валухин О.Р., Галеев Р.М., Малышева С.П. // Металлы. 1996. №4. С. 86. 4. Малыгин Г.А. Пластичность и прочность микро- и нанокристаллических материалов // ФТТ. 2007. Т.49. №6. С. 961 – 982. 5. Перевезенцев В.Н., Пушпин А.С. Теория аномального роста зерна в субмикроструктурных материалах, полученных методом интенсивной пластической деформации // ФММ. 2006. Т.120. №1. С. 33 – 37.

УДК 681:518.621

Р.Д. Іскович-Лотоцький¹ д-р техн. наук, Н.Р. Веселовська канд. техн. наук, О.В. Зелінська²¹ - Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна² - Вінницький державний аграрний університет, м. Вінниця, Україна**УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ ТА НАДІЙНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ГНУЧКИХ ІНТЕГРОВАНІХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ**

Ефективність та надійність є основними характеристиками якості багатокоординатного механообробного обладнання гнучких інтегрованих виробничих систем, так само як і багатьох інших машин і технічних пристроїв.

Для верстатного устаткування особливе значення має забезпечення його технологічної надійності, яка безпосередньо пов'язана з якістю і, в першу чергу, з точністю продукції, що випускається. Надійність станів слід розглядати як надійність машини, коли оцінюються всі види відмов, і як надійність компоненту технологічної системи, коли враховуються лише ті відмови, які пов'язані з якістю продукції, що випускається. Основними джерелами відмов багатокоординатного механообробного обладнання є власне верстат (його механіка і гідросистеми), електричні, електронні системи і система керування. Тому при проектуванні верстата необхідно так розрахувати і сконструювати його основні вузли, щоб вони задовольняли встановленим вимогам надійності та ефективності, в першу чергу з погляду тривалого збереження показників точності.

Тривалість експлуатації багатокоординатного механообробного обладнання пов'язана як з їх моральним (поява ефективніших моделей), так і з фізичним зношуванням. Для сучасних верстатів середніх розмірів це звичайно 8-10 років експлуатації, для складніших і важчих верстатів – 15-20 років і вище. Конкретний термін служби до зняття з експлуатації для кожного верстата встановлюють на підставі оцінки його ефективності, яка безпосередньо пов'язана з надійністю, оскільки з часом зростають витрати на ремонт і технічне обслуговування верстата, а пов'язані з цим простоти знижують позитивний ефект від його використання за призначенням. Високі показники економічної ефективності автоматизованого обладнання можуть бути досягнуті тільки при їх безперервній експлуатації. У зв'язку з цим облік чинника надійності та ефективності стає актуальним не тільки в технічному, але і в організаційному аспекті.

Останніми роками все більш виразно простежується тенденція виробників верстатного устаткування оснащувати свою продукцію системами керування (СК), які крім функцій, що управляють, виконують різні інформаційно-діагностичні і контрольні функції. Це дозволяє найповніше характеризувати технологічний процес у будь-який момент, покращити обслуговування системи і підвищити якість продукції. Тому задача управління ефективністю та надійністю технологічних процесів в ГІВС є актуальною.

УДК 539.3

С.М.Верещака канд.техн.наук, А.В. Стрелец, Д.А. Жигилий
Сумський державний університет, г.Сумми, Україна**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОМБИНИРОВАННЫХ БАЛЛОНОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

В данной работе предложена методика определения предельного давления комбинированных баллонов цилиндрической формы. Баллон включает внутреннюю несущую стеклопластиковую оболочку и внешнюю защитную металлическую обшивку. Зазор между стеклопластиковой оболочкой и обшивкой заполняется мягким материалом. Это позволяет регулировать контактное давление, которое передается от стеклопластиковой оболочки на обшивку.

Стеклопластиковая оболочка состоит из цилиндрической части длиной $l = 2,163\text{ м}$, радиусом $R = 0,188\text{ м}$ и сферических днищ. Полезный объем баллона равен $V = 0,2\text{ м}^3$. Внутренняя несущая оболочка изготавливается методом намотки однонаправленной стеклоленты со следующими характеристиками: $E_1 = 5,486 \cdot 10^{10}\text{ Па}$, $E_2 = 1,252 \cdot 10^{10}\text{ Па}$, $E_3 = 1,431 \cdot 10^{10}\text{ Па}$, $\nu_{12} = 0,058$, $\nu_{13} = 0,394$, $\nu_{23} = 0,394$, $G_{12} = 3,925 \cdot 10^9\text{ Па}$, $G_{23} = 2,683 \cdot 10^9\text{ Па}$, $G_{13} = 4,293 \cdot 10^9\text{ Па}$. В целом оболочка включает десять слоев, шесть из которых наматываются в кольцевом направлении и четыре - перекрестно армированных спиральных слоя. Угол намотки спиральных слоев составляет $\pm 24^\circ$. Толщина слоя составляет $\delta = 0,005\text{ м}$.

Технические постоянные многослойного композита с одной плоскостью упругой симметрии соответственно равны: $E_1 = 2,358 \cdot 10^{10}\text{ Па}$, $E_2 = 3,747 \cdot 10^9\text{ Па}$, $E_3 = 1,55 \cdot 10^{10}\text{ Па}$, $\nu_{12} = 0,092$, $\nu_{13} = 0,367$, $\nu_{23} = 0,352$, $G_{12} = 6,702 \cdot 10^9\text{ Па}$, $G_{23} = 3,756 \cdot 10^9\text{ Па}$, $G_{13} = 3,22 \cdot 10^9\text{ Па}$.

Решение представленной осесимметричной задачи получено при помощи метода ортогональной прогонки С.К. Годунова. При исследовании напряженного состояния многослойной стеклопластиковой оболочки учитывалось влияние деформаций поперечного сдвига и обжатия.

Рассматривается два этапа разрушения армированной оболочки. На первом этапе определяется величина давления, когда происходит разрушение связующего. Для этого используется модифицированный полиномиальный критерий прочности, включающий поперечные касательные $\sigma_{i3} (i=1,2)$ и трансверсальные напряжения σ_{33} . На втором этапе фиксируется предельное давление, при котором происходит разрушение наиболее напряженного слоя оболочки.

Следует отметить, что при сравнении стеклопластиковых и комбинированных баллонов, последние имеют ряд преимуществ. Они менее деформативны, более надежны при эксплуатации и выигрывают в плане теплоизоляционных свойств.

УДК 621.9.048.4

Д.О. Ступак канд.техн.наук, С.В. Поздєєв канд.техн.наук,
В.І. Осипенко д-р.техн.наук
Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля

ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОБООЮ РІДИНИ ТА БАЛАНСУ ЕНЕРГІЇ ОДИНИЧНОГО ІСКРОВОГО РОЗРЯДУ

При дослідженнях електричної ерозії за умов, характерних для електроерозійного дотяного вирізання (ЕЕДВ), до теперішнього часу вкрай мало уваги приділялося дослідженням, пов'язаним з процесами пробую робочої рідини, якою є дистильована чи технічна вода. В більшості відомих досліджень, основна увага приділялася процесам, що відбуваються в рідині та на електродах вже після утворення каналу розряду. Разом з тим дослідження безпосередньо процесу пробую та параметрів, що його визначають за умов, характерних для ЕЕДВ, вкрай важливо як з точки зору поліпшення продуктивності і точності самого методу, так і з точки зору отримання науково обґрунтованих рекомендацій, необхідних при створенні і модернізації генераторів, регуляторів міжелектродного проміжку (МЕП) та алгоритмів їх роботи.

Отже, була поставлена задача експериментально дослідити вплив факторів, що впливають на пробій міжелектродного проміжку (шорсткість поверхні електродів, забрудненість робочої рідини, швидкість її протікання крізь МЕП, наявність в локальному місці міжелектродного проміжку іонів та бульбашок від попередніх розрядів та їх комбінацій на процеси утворення каналу розряду, отримати експериментальні статистичні моделі для оцінки вагомості впливу досліджених чинників на пробій робочої рідини.

Аналіз отриманих експериментальних даних показує, що в дослідженій області параметрів діелектрична міцність середовища за зменшення шорсткості взаємодіючих поверхонь електродів від $R_a 1,6$ до $R_a 0,2$, в залежності від величини МЕП зростає в 2,6 – 3,2 раз. При дослідженнях пробую МЕП одиничними іскровими розрядами помітного впливу на пробивну міцність рідини швидкості течії та тиску робочої рідини в МЕП не виявлено. Зі зростанням же швидкості течії робочої рідини від 0 до 3 м/с встановлено зростання напруг пробую після серії попередніх розрядів на 20 – 30 %. Подальше зростання швидкості течії робочої рідини до 6 м/с вже несуттєво впливає на пробивну міцність середовища. Якщо шорсткість взаємодіючих поверхонь електродів (до $R_a 3,5$ мкм) має суттєвий вплив на величину напруги пробую першого імпульсу, то після проходження серії імпульсів даний вплив практично нівелюється, тобто напруженість електричного поля визначається вже геометрією поверхні, утвореної попередніми розрядами.

За результатами проведених досліджень була побудована статистична регресійна модель, яка дозволяє прогнозувати величину напруги на між електродному проміжку, яка призведе до виникнення пробую робочої рідини. Це дає змогу сформулювати технічне завдання на виготовлення потужного, продуктивного, ефективного генератора технологічного струму для електроерозійних вирізних комплексів нового покоління.

УДК

В.П. Голуб д-р техн. наук, Я.В. Павлюк, П.В. Фернати канд. техн. наук.
Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України, м.Київ, Україна

ДЛИТЕЛЬНОЕ ВЯЗКОУПРУГОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ СЛОИСТЫХ ПЛАСТИКОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ

Рассматривается задача расчета деформаций линейной ползучести слоистых вязкоупругих пластиков при различных режимах нестационарного одноосного растяжения. Закон изменения напряжений $\sigma(t)$ задается в виде суммы множества постоянных напряжений σ_k и комбинаций функции Хевисайда $h(t - \tau_k)$, так что

$$\sigma(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \sigma_k h(t - \tau_k), \quad (1)$$

где t – время, для которого рассчитывается деформация ползучести, а τ_k – время приложения напряжения $\sigma_k = const$, причем $h(t - \tau_k) = 0$ при $t < \tau_k$ и $h(t - \tau_k) = 1$, при $t \geq \tau_k$.

Задача решается с использованием линейной наследственной теории ползучести Больцмана – Вольтерра и дробно-экспоненциального ядра ползучести Работнова [1]. Одномерное определяющее уравнение связи между деформациями, напряжениями и временем записывается в виде

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E} \left(\sigma(t) + \lambda \int_0^t \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\beta)^n (t - \tau)^{(1+\alpha)(1+n)}}{\Gamma[(1+\alpha)(1+n)]} \sigma(\tau) d\tau \right), \quad (2)$$

где $\varepsilon(t)$ – полная деформация, накопленная к моменту времени t и включающая упругую компоненту и компоненту ползучести; E – модуль упругости материала; α, β, λ – параметры ядра ползучести, методика определения которых приведена в [1,2].

Деформации ползучести $\varepsilon(t)$ при нестационарных режимах нагружения исходя, из (2) с учетом (1), рассчитываются по уравнению

$$\varepsilon(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\Delta \sigma_k h(t - \tau_k)}{E} \left(1 + \lambda \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\beta)^n (t - \tau_k)^{(1+\alpha)(1+n)}}{\Gamma[1 + (1+\alpha)(1+n)]} \right), \quad (3)$$

где $\Delta \sigma_k$ – приращение напряжения на k – й ступени нагружения.

На основе уравнения (3) с использованием значений параметров α, β и λ , найденных по экспериментальной функции ползучести, рассчитаны деформации ползучести стеклопластиков и тканевого пластика в линейной области вязкоупругого деформирования при однократном статическом нагружении, при полной разгрузке и при чередовании догрузок и разгрузок. По уровню напряжений область линейности вязкоупругого деформирования рассмотренных пластиков ограничена величиной $0,3 \sigma_B$. Получено вполне удовлетворительное согласование результатов расчета с экспериментальными данными. В расчетах использованы заимствованные экспериментальные данные.

УДК 539.3:4

Н.Г. Чаусов, докт. техн. наук, проф., А.П. Пилипенко, канд. техн. наук

В.Б. Березин, студент

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

РЕАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ В УПРУГОЙ ОБЛАСТИ МАТЕРИАЛОВ

На кафедре сопротивления материалов Национального университета биоресурсов и природопользования Украины в последние годы проводятся исследования деформирования пластичных материалов при динамических неравновесных процессах.

Эти исследования позволили сформулировать ряд дополнительных условий, которые налагаются на механическую испытательную систему, при которых во время динамических неравновесных процессов в пластической области материалов образуются диссипативные структуры в виде объемно связанных тонких полос, обладающих рядом замечательных свойств. В первую очередь, следует обратить внимание на резкий рост пластичности при существенном уменьшении сопротивления деформированию, а также на то обстоятельство, что при последующем статическом растяжении механические свойства существенно отличаются от механических свойств материалов, полученных на тех же стадиях при "чистом" статическом растяжении.

Несомненный интерес представляет исследование образования диссипативных структур в процессе динамических неравновесных процессов в упругой области материалов, так как это позволит более достоверно оценить величины импульсов воздействия на механическую испытательную систему и конкретный исследуемый образец, при которых упругое равновесное деформирование материала скачкообразно переходит в стадию неравновесности.

Этот момент является ключевым для создания феноменологической модели деформирования и разрушения материалов при динамических неравновесных процессах.

В качестве объекта исследования выбраны армко-железо (99,999%), нержавеющая сталь и низкоуглеродистая сталь 20.

Испытания проводили на ступенчатых цилиндрических образцах, состоящих из последовательно соединенных рабочего образца (диаметром 8мм и длиной 25мм) и вспомогательного образца (диаметром 14...25мм и длиной 100...166мм). На каждый из образцов в средней части устанавливали на базе 16мм идентичный экстензометр для измерения продольных деформаций.

Методика испытаний материалов при динамических неравновесных процессах описана в опубликованных работах авторов.

По результатам испытаний установлено, что при реализации динамических неравновесных процессов в упругой области материалов имеет место более ярко выраженное колебательное последствие, по сравнению с колебательным последствием в пластической области, сопровождающееся резким ростом пластичности.

УДК 621.374.1:62-522.2

Ю.В. Петраков, д-р техн. наук, Амин Афшар Камбиз, соискатель

НТУ Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Для технологической подготовки токарных операций на станках с ЧПУ технолог-программисту предоставляется широкий выбор САМ-систем (Computer Aided Machining), например, Mastercam, Pro/E, CATIA, Inventor и другие. Большинство современных пакетов для проектирования управляющей программы содержат в себе интегрированные САД-системы (Computer Aided Design), что позволяет полностью решать задачи как конструирования, так и изготовления деталей машин.

Главным недостатком известных пакетов является отсутствие какой-либо солидной стратегии по назначению режима резания. Проектирование осуществляется следующим образом. Выбрав какую-нибудь глубину резания на черновых проходах и схему срезания припуска, технолог получает расчет траекторий инструмента (координаты Z и X), а с учетом имеющихся, «зашифрованных» в пакете постпроцессора, процедур выполнения различных циклов (срезание ступеней, фаски, канавки и т.п.) получает управляющую программу в G-кодах. Однако на этом этапе от него требуется назначить еще и такие составляющие режима резания, как подача и частота вращения шпинделя. Здесь технолог может воспользоваться некоторыми встроенными опциями, например, постоянная скорость резания, но в общем его выбор не поддерживается САМ-системой, а ориентируется на справочники, собственный опыт или рекомендации разработчиков инструмента.

На кафедре технологии машиностроения НТУУ «Киевский политехнический институт» разработан модуль оптимизации токарной обработки ступенчатых валов на токарных станках с ЧПУ. Модуль оптимизации построен на концепции компьютерного моделирования процесса резания во время которого автоматически составляется файл управления, содержащий информацию не только о геометрических траекториях формообразования, но и о режиме резания. Причем режим резания рассчитывается автоматически в результате решения классической задачи оптимизации, которая представляется в виде задачи нелинейного программирования.

Разработанный модуль содержит простейшую САД-систему, позволяющую задать геометрические параметры детали и заготовки и сформировать цифровые массивы их контуров, что обеспечивает возможность использования универсальных численных процедур при последующем моделировании. Следующий блок программы выполняет важные подготовительные функции для выполнения технологических задач. Функционирование блока основано на априорной информации, которую можно считать вполне достоверной. Такая информация вводится в окна интерфейса и содержит сведения о станке, инструменте, а также материале детали.

Продолжение проектирования управляющей программы происходит в следующем, основном, блоке модуля оптимизации, где выполняется моделирование

процесса обработки. Во время моделирования формируется промежуточный файл управления, содержащий геометрическую информацию о формообразующих траекториях, а также рассчитанные значения текущей глубины резания, подачи и частоты вращения шпинделя, полученные из решения задачи оптимизации на каждом шаге. Результаты моделирования в определенном масштабе выводятся в окно анимации блока моделирования. Блок моделирования рассчитывает также время обработки на каждом переходе и прогнозируемый износ пластины резца по задней поверхности.

Поскольку управления режимом резания рассчитаны при решении задачи оптимизации и априори определяют максимально возможную нагрузку станка в соответствии с его паспортными данными, предусматривается его целенаправленная коррекция, позволяющая минимизировать потери времени при уменьшении интенсивности процесса резания.

Практическая проверка стенограммированной УП выполнялась на станке SL10 фирмы HAAS. УП была загружена в стойку станка и перед обработкой детали проверена на процессоре стойки (рис.1, а).

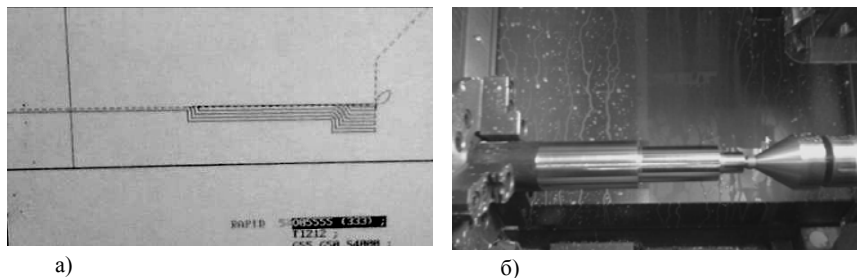


Рис.1. Практическая апробация на станке SL10 фирмы HAAS:

а) - состояние экрана стойки, б) – обработанная деталь

Полученные траектории формообразующего движения на черновом и чистовом переходах полностью соответствовали результатам моделирования. Процесс обработки был выполнен в полном соответствии с характеристиками, полученными при моделировании, а обработанная деталь по своим геометрическим параметрам полностью отвечает требованиям чертежа.

УДК 621.9.06-08

В.М. Пестунов, канд.техн.наук, проф., А.С. Стеценко, канд.техн.наук, доц.,
Н.А. Ковришкин, канд.техн.наук, доц.

Кировоградский национальный технический университет, г.Кировоград, Украина

МЕХАНИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ В ПРИВОДЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье рассмотрены конструктивные схемы повышения эффективности робототехнических комплексов путем использования механических усилителей мощности в приводе движения формообразования. Это позволяет упростить кинематику привода, снизить потери и улучшить выходные характеристики станочных систем.

In article constructive circuits of increase of efficiency technical robots complexes are considered by use of mechanical amplifiers of capacity in a drive of forming movement. It allows to simplify kinematics of a drive, to lower losses and to improve target characteristics machine tools systems.

Робототехнические комплексы включают технологическое оборудование и роботы. И те и другие имеют исполнительные движения, которые складываются из элементарных движений. Этих движений в соответствии с описанной схемой может быть двенадцать, шесть для заготовки и шесть для инструмента.

На этой основе разработана универсальная схема привода станочного оборудования и роботов. Из этой схемы вытекают различные приводы станков и роботов, как частные ее проявления. Эта схема дает возможность системного подхода при проектировании привода станков и роботов. Она позволяет на стадии проектирования учесть все возможные варианты и выбрать рациональный.

Приведен пример нового решения привода робота с двухконтурным управлением, позволяющем решить трудно решаемую задачу повышения точности позиционирования при относительно больших величинах перемещений.

Приведен пример расширения технологических возможностей токарного станка по точности.

Разработана принципиально новая схема привода перемещений на малых скоростях.

Приведена новая схема адаптивного управления точностью на агрегатных станках.

Разработаны новые схемы использования привода с «мягкой» характеристикой для поступательных движений в станках. Разработаны новые схемы привода ротора и механического пресса с использованием механических усилителей мощности.

Созданные элементы робототехнических комплексов позволяют повысить эффективность станочного оборудования.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Универсальная схема обработки дает основу проектирования приводов станочного оборудования с новыми функциональными возможностями по упрощению и снижению металлоемкости и повышению точности.

2. Одновременно приведенные механизмы упрощают управление и расширяют технологические возможности станочного оборудования.

УДК 539.3

О.М. Чемерис канд.техн.наук, А.П. Грабовський канд.техн.наук
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

КОЛИВАННЯ КРУГЛИХ ПЛАСТИН З ПРОМІЖНОЮ ОПОРОЮ

Круглі пластинки використовують в різного типу конструкціях в вигляді діафрагм, днищ, пружин. Для підвищення їх жорсткості в центрі пластинки ставлять проміжну опору-стрижень. Досить часто схему з проміжною опорою кріплення використовують в конструкціях навігаційних буїв [1]. Для раціонального проектування таких пластин необхідно знати такі динамічні характеристики як частоти і форми коливань. Перші дві частоти симетричних коливань для защемлених та шарнірно закріплених пластинок з проміжною опорою визначені в роботі [2]. Положення вузлових діаметрів залишилися невизначеними. Залишилися невизначеними [3],[4] частоти коливань і положення вузлових діаметрів для пластинки з проміжною опорою в випадку ковзної защемленої опори, що типово для поршнів приладів та машин.

Рівняння коливань круглої пластинки має вигляд

$$D\left(\frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + \frac{\partial}{\rho \partial \rho} + \frac{\partial^2}{\rho^2 \partial \theta^2}\right)^2 + R^4 m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0$$

де $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$, Е-модуль Юнга, μ -коефіцієнт Пуассона, $0 \leq \rho \leq 1$,R-радіус пластинки, w- переміщення, m - маса пластинки на одиницю площі, θ - кутова координата, t - час.

По методу розділення змінних рішення даного рівняння можна записати в вигляді

$$w(\rho, \theta, t) = (C_1 I_n(k\rho) + C_2 J_n(k\rho) + C_3 K_n(k\rho) + C_4 Y_n(k\rho) \cos n\theta \cos \omega t \quad (1)$$

Де C_i – сталі величини, I_n, J_n, K_n, Y_n – функції Бесселя, ω - кругова частота коливань,

(n=1,2,3,...), k - невідоме число (невідомий частотний параметр)

$$k = \left(\frac{m\omega^2}{D}\right)^{\frac{1}{4}}$$

При симетричних коливаннях (n=0) рішення (1) для пластинки з опорою в центрі можна записати [5] в такій формі

$$w(\rho, \theta, t) = w(\rho) \cos \omega t$$

$$\text{де } w(\rho) = C_5 \left[Y_0(k\rho) + \frac{2}{\pi} K_0(k\rho) \right] + C_6 [I_0(k\rho) - J_0(k\rho)] \quad (2)$$

Рішення в формі (2) задовольняє умову $w(0)=0$ в центрі пластинки

При защемленому контурі пластинки маємо

$$w(1) = 0, w'(1) = 0$$

Підставляємо в ці рівняння (2) і одержуємо однорідну систему рівнянь відносно C_5, C_6 .Прирівнюємо до нуля визначник даної системи і знаходимо частотне рівняння для визначення параметра k_i

$$[Y_0(k) + \frac{2}{\pi} K_0(k)][Y_1(k) + J_1(k)] + [Y_1(k) + \frac{2}{\pi} K_1(k)][I_0(k) - J_0(k)] = 0 \quad (3)$$

Положення вузлових діаметрів ρ_i знаходимо із рівняння

$$[Y_0(k_i\rho) + \frac{2}{\pi} K_0(k_i\rho)] - \frac{Y_0(k_i) + \frac{2}{\pi} K_0(k_i)}{I_0(k_i) - J_0(k_i)} [I_0(k_i\rho) - J_0(k_i\rho)] = 0 \quad (4)$$

Результати рішень рівнянь (3), (4) приведені в таблиці №1

Таблиця №1

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k_i	4.7683	7.871	11.081	14.1466	17.2864	20.4268	23.5675	26.5675	29.8495
ρ_i		0.5033	0.3589	0.281	0.23	0.1945	0.1687	0.1489	0.1332
		1	0.6382	0.5009	0.4099	0.3469	0.3006	0.2653	0.2374
			1	0.7216	0.5914	0.5004	0.4337	0.3827	0.3425
				1	0.7721	0.6541	0.5669	0.5003	0.4477
					1	0.8041	0.7062	0.6178	0.5529
						1	0.8328	0.7354	0.6582
							1	0.8225	0.7639
								1	0.8662
									1

При шарнірній опорі маємо такі умови

$$w(1) = 0, w''(1) + \mu \frac{w'(1)}{k} = 0 \quad (5)$$

Частотне рівняння із (2) і (5) має вигляд

$$(1 - \mu) \{ [I_0(k) - J_0(k)][Y_1(k) + \frac{2}{\pi} K_1(k)] + [I_1(k) + J_1(k)][Y_0(k) + \frac{2}{\pi} K_0(k)] \} - 2k [Y_0(k)I_0(k) + \frac{2}{\pi} J_0(k)K_0(k)] = 0$$

Значення параметрів k_i, ρ_i , які визначають частоту та положення вузлових діаметрів для шарнірно закріпленої пластинки приведені в таблиці №2 при $\mu=0.3$

Таблиця №2

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k_i	3.8495	7.0339	10.1868	13.3341	16.4792	19.6332	22.7664	25.909	29.0518
ρ_i		0.5656	0.3903	0.2982	0.2413	0.2025	0.1746	0.1535	0.1369
		1	0.6957	0.5314	0.4229	0.3609	0.3112	0.2735	0.2374
			1	0.7667	0.6203	0.5207	0.449	0.3945	0.3425
				1	0.8101	0.6805	0.5869	0.5157	0.4477
					1	0.8405	0.7248	0.6369	0.5529
						1	0.8628	0.7581	0.6582
							1	0.8793	0.7634
								1	0.8662
									1

В випадку защемленої ковзної опори маємо такі граничні умови

$$w(1) = 0, w'''(1) + \frac{w''(1)}{k} - \frac{w'(1)}{k^2} = 0 \quad (6)$$

Із (2) і (6) знаходимо частотне рівняння

$$I_1(k)Y_1(k) - \frac{2}{\pi} J_1(k)K_1(k) = 0$$

Вузлові діаметри знаходимо із рівняння

$$Y_0(k_i \rho) + \frac{2}{\pi} K_0(k_i \rho) + \frac{Y_1(k_i) + \frac{2}{\pi} K_1(k_i)}{I_1(k_i) + J_1(k_i)} [I_0(k_i \rho) - J_0(k_i \rho)] = 0$$

Значення параметрів k_i , ρ_i для даного випадку приведені в таблиці №3

Таблиця №3

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_i	2.2328	5.4297	8.596	11.7419	14.8974	18.0484	21.1881	24.3319	27.47	30.62
		0.732	0.462	0.3384	0.2629	0.2203	0.1876	0.1634	0.1447	0.1299
			0.824	0.603	0.4756	0.3927	0.3344	0.2912	0.2579	0.2314
				0.87	0.6882	0.5465	0.4825	0.4201	0.3721	0.3339
					0.8969	0.7405	0.6306	0.5491	0.4863	0.4364
						0.9145	0.7788	0.6782	0.6006	0.5389
							0.927	0.8072	0.7149	0.6415
								0.9363	0.8292	0.7441
									0.9435	0.8466
										0.9492

Висновки: Для шарнірно і жорстко закріпленої круглої пластинки підкріпленої в центрі стрижнем знайдено частоти і вузлові діаметри при симетричних коливаннях до дев'ятої форми. Проведені відповідні розрахунки частот і форм при коливаннях підкріпленої пластинки з жорсткою ковзною опорою.

УДК 539.37: 620.172.251.1

В.А. Стрижало д-р техн. наук, Е.В. Воробьев д-р техн. наук,

Л.С. Новогрудский д-р техн. наук

Институт проблем прочности им Г.С.Писаренко НАН Украины, г.Киев, Украина

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА УКРАИНЫ «МЕТАЛЛИ. МЕТОД ВИПРОБУВАННЯ НА РОЗТЯГ ЗА НИЗЬКИХ ТА КРИОГЕННИХ ТЕМПЕРАТУР»

Проект стандарта, разрабатываемого в настоящее время в Институте проблем прочности им. Г.С.Писаренко НАН Украины в соответствии с Планом национальной стандартизации призван заменить ГОСТ 11150-84 «Металлы. Методы испытания на растяжение при пониженных температурах» и ГОСТ 22706-77 «Металлы. Метод испытания на растяжение при температурах от минус 100 до минус 269 °С».

Стандарт устанавливает единый подход к методикам проведения испытаний на статическое растяжение металлических материалов в интервале температур от 283 до 4,2 К, регламентирует требования к экспериментальному оборудованию, измерительной аппаратуре, образцам, методам и способам их охлаждения и нагружения, порядку проведения испытаний, обработке информации, определению характеристик статической прочности и пластичности, метрологическому обеспечению и др.

Известно, что при охлаждении характеристики прочности металлов увеличиваются в 2-3 раза, характеристики пластичности уменьшаются неоднозначно, в зависимости от строения кристаллической решетки, а при температурах 20 К и ниже проявляется эффект низкотемпературной прерывистой текучести, связанный с локализацией деформации, значительным адиабатическим нагревом и увеличением скорости деформации в зоне течения. Это явление регистрируется в виде зубчатости на диаграмме растяжения образца.

Выполненные в последние годы исследования сопротивления металлических материалов деформированию при пониженных и криогенных температурах, особенно ниже 20 К, выявили многофакторную зависимость кинетики развития этого процесса, что требует существенных изменений в положениях указанных стандартов [1].

Показано, что методология учета эффекта низкотемпературной прерывистой текучести при определении стандартных механических характеристик материалов при соответствующих температурах должна основываться на критериальной оценке предельных состояний металлических материалов, возникающих в процессе появления и развития скачкообразной деформации [2].

Литература

1. Стрижало В.А., Новогрудский Л.С., Воробьев Е.В. Прочность материалов при криогенных температурах с учетом воздействия электромагнитных полей. – Киев: Институт проблем прочности им. Г.С.Писаренко НАН Украины, 2008. – 504 с.
2. Vorob'ev Ye. New types of limit states of structural alloys related to the realization of the low-temperature discontinuous yielding effect // *Mechanika*. – 2006. – N 1 (57). – P. 17–21.

УДК 539.3

М.К. Кучер, докт. техн. наук, М.П. Земцов, канд. техн. наук, Є.Л. Данильчук
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, Київ, Україна

АНАЛІЗ МЕХАНІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ПЛЕТЕНИХ ПОЛІПРОПІЛЕНОВИХ СТРУКТУР

Досліджуються процеси деформування та міцність поліпропіленового шпагату лінійною густиною 1000 текс та сплетеної на його основі поліпропіленової стрічки шириною 50 мм, кількістю ниток по основі – 38, по утку - (7,6)/10 мм, лінійною густиною - 42,5 г/м. Дані стрічки використовуються при виготовленні транспортних пакетів тарно-штучних вантажів для складських, транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт. В таких конструкціях стрічка одночасно є формоутворюючим та несівним елементом вантажопідйомного пакету, тому дана робота присвячена аналізу як деформаційних процесів так і характеристик міцності.

Проведені випробування поліпропіленового шпагату при жорсткому та м'якому режимах навантаження дозволили побудувати миттєву діаграму деформування та визначити механічні характеристики нитки, як основного структурного елементу тканини.

Досліджувана стрічка являє собою двовимірний тканий матеріал утворений системою двох ниток, переплєтених в двох взаємно перпендикулярних площинах, із одного і того ж матеріалу (негібридна тканина). Аналіз форми одиничного раппорта (повторюваного елементу) структури дозволив встановити тип даної тканини.

Використання існуючих математичних моделей, таких як мозаїчна, хвильова та складена дозволив оцінити їх ефективність та область застосування при прогнозуванні характеристик жорсткості плетених поліпропіленових структур. Відмічено, що вони можуть використовуватись при розрахунках параметрів жорсткості в рамках пружних моделей плетених структур типу полотна, атласу та сатину. При цьому результати, отримані на основі мозаїчної моделі, корисні лише для наближеної оцінки пружних характеристик матеріалу та границь їх зміни. Хвильова та складена моделі дозволяють обчислити більш точні значення параметрів жорсткості, але вони обмежуються переплетенням для сатинових тканин загального типу.

Для розрахунків параметрів жорсткості досліджуваної поліпропіленової тканини запропонована методика, що використовує складену модель для восьмиремізного сатину та модель для обчислення жорсткості крайових зон стрічки. Отримані результати параметрів жорсткості та міцності добре корелюють з даними випробувань.

УДК 539.3, 620.1

М.К. Кучер, докт. техн. наук, М.М. Заразовський.
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, Київ, Україна.

ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ШАРУВАТИХ ПЛАСТИКІВ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ДЕГРАДАЦІЇ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКРЕМИХ ШАРІВ

Композиційні матеріали, армовані односпрямованими неперервними високоміцними волокнами, знаходять все ширше застосування в різних галузях науки і техніки. Серед причин, що стримують їх розповсюдження, можна назвати відсутність ефективних методик для розрахунку несівної здатності шаруватих пластиків на стадії їх проектування при різних умовах термосилового навантаження.

Широко використовуваний в інженерній практиці метод оцінки міцності, відомий як «метод руйнування першого шару», дозволяє оцінити лише початок процесу руйнування. Це пов'язано з тим, що вихід з ладу одного або декількох шарів з однаковим напрямком армування, ще не обов'язково призводить до вичерпання несівної здатності шаруватого композита. В такому випадку має місце перерозподіл напружень між іншими шарами, а композит, що характеризується зміненими ефективними механічними характеристиками, продовжує чинити опір подальшому деформуванню.

Грунтуючись на отриманих закономірностях деформування та руйнування шаруватих пластиків при різних умовах термосилового навантаження запропонована модель деградації механічних характеристик зруйнованого шару та розроблена методика для прогнозування міцності армованих структур.

При розрахунках напружено деформованого стану враховується залежність пружних і міцнісних характеристик шарів від температури. Крім цього обчислюються термічні напруження в композиті, що виникають внаслідок різних ефективних коефіцієнтів лінійного термічного розширення шарів в напрямках трансропії. При аналізі процесів деформування використовуються співвідношення теорії анізотропних середовищ і поставлена задача теорії пружності по визначенню ефективних механічних характеристик та розподілу напружень в шарах розв'язується точно.

Ефективність такого підходу проілюстрована при оцінці несівної здатності шаруватих вуглепластиків, що знаходяться в умовах плоского напруженого стану, при двох фіксованих значеннях температури. Показано, що прогнозовані значення руйнівних напружень для композитів з різними схемами армування добре корелюють з даними наших випробувань і результатами інших авторів.

УДК 539.4. 014

В.П. Ламашевский

Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины, Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ВИДА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Анализируются результаты экспериментальных исследований комбинированного воздействия температуры и вида напряженного состояния на закономерности деформирования и разрушения ряда конструкционных материалов, предназначенных для работы при повышенных и высоких температурах.

Исследовались процессы кратковременного деформирования и разрушения сплошных цилиндрических образцов при одноосном растяжении и тонкостенных трубчатых образцов, одновременно нагружаемых осевой (растягивающей или сжимающей) силой и внутренним давлением, с реализацией в пространстве главных напряжений лучевых траекторий с соотношениями продольных и окружных напряжений $K = \sigma_z / \sigma_\theta = \infty; 2; 1; 0,5; 0; -1; -\infty$. Испытания проводили на установках, разработанных в Институте проблем прочности им. Г. С. Писаренко НАН Украины, позволяющих в процессе испытаний осуществлять нагрев нагружаемых образцов до температуры порядка 1473 К.

В качестве объектов изучения служили теплоустойкие стали: ферритоперлитного класса 38ХМЮА и аустенитного класса Х25Н20С2 (ЭИ283).

Экспериментальные результаты обрабатывали в виде истинных диаграмм деформирования в координатах: « $\sigma_z - \varepsilon_z$ » и « $\sigma_\theta - \varepsilon_\theta$ ».

Показано, что повышение температуры испытаний приводит к снижению сопротивления деформированию и увеличению характеристик пластичности испытываемых металлов. Интенсивность протекания этих процессов зависит от исходной структуры материалов, температуры испытаний и вида напряженного состояния. На основе анализа экспериментальных результатов даются рекомендации по выбору моделей деформирования и критериев наступления соответствующего предельного состояния материалов, учитывающих температурно-силовые условия работы реальных конструктивных элементов, изготовленных из этих материалов.

УДК 620.171.3

А.А. Лебедев, академик НАН Украины

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕОРИЙ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКЕ МАТЕРИАЛОВ

Кратко изложена история развития механических теорий прочности материалов, проведен критический анализ их достоинств и недостатков, сформулированы физически обоснованные требования к моделям теорий и форме предельных поверхностей, проведен анализ их основных свойств, позволяющий получить физически достоверный и экспериментально обоснованный критерий эквивалентности квазиоднородных материалов.

Структура критерия определена по результатам анализа уравнения предельной поверхности, форма которой удовлетворяет необходимые и достаточные требования, вытекающие из основных законов и постулатов механики деформированного твердого тела (конус, имеющий поперечное сечение в виде криволинейного треугольника). Уравнение такой поверхности включает параметры, контролирующие разрушение путем сдвига и отрыва, но, в отличие от гипотезы Прантля, отражают физически установленный факт о развитии разрушения как результата одновременного протекания и взаимодействия актов сдвига (под действием касательных напряжений) и актов отрыва (под действием нормальных напряжений). Степени ответственности каждого из этих актов ставится в соответствие параметр пластичности материала, фигурирующий в уравнении в виде весового коэффициента, определяемого по результатам испытания при растяжении и сжатии.

На основе этого критерия получено условие предельного состояния материалов с неоднородной структурой путем введения в него функции влияния, учитывающей статистические аспекты прочности материалов в связи с наличием в них «слабых мест» (повреждений). Статическая природа введенной функции, включающей первый инвариант тензора и второй инвариант девиатора напряжений, подтверждена ее корреляцией с коэффициентом гомогенности – основным параметром структуры материала в теории хрупкой прочности Вейбула. Определение структуры функции влияния сведено к решению задачи теории вероятности о повторной выборке заданного объема.

Рассмотрены варианты использования предложенного критерия для оценки предельного состояния анизотропных материалов, описания процессов ползучести и длительного разрушения при статическом и циклическом нагружениях.

Даны оценки достоверности критерия в различных условиях термодинамического нагружения (в том числе при криогенных и высоких температурах) с привлечением экспериментальных данных, полученных в ИПП им. Г.С. Писаренко НАН Украины и заимствованные из литературных источников.

УДК 631.3.004

І.І. Роговський, канд.техн.наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
МАШИНОБУДУВАННЯ ПІД ЧАС СЕЗОНУ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Основними показниками безвідмовності згідно національної стандартизації прийнято ймовірність безвідмовної роботи на протязі заданого проміжку часу, ймовірність відмов, інтенсивність відмов, середній наробіток до першої відмови після закінчення терміну припрацювання, середній наробіток на відмову (тобто між відмовами) в період нормальної експлуатації, який характеризується постійною інтенсивністю. Також регламентовано коефіцієнт готовності.

При дослідженнях нами розглянутий варіант необмеженого відновлення працездатності, під яким розуміється можливість одночасного усунення всіх відмов, які виникли. За ними безвідмовність, що наприклад, зернозбиральних комбайнів констатовано на неналежному рівні, тому що з кожних 100 машин у 21 спостерігаються простої з причин відмови, і в 18 тривалість відновлення працездатності машини не перевищує допустимого терміну за умовами виробництва з точки зору відсутності матеріального збитку, тобто наявний економічний збиток.

Математичне сподівання коефіцієнта готовності зернозбиральних машин сезону 2008 року до виконання своїх технологічних функцій не перевищує 0,89. Аналіз відмов систем, вузлів і агрегатів комбайнів, дозволяє стверджувати, що 51% приходить на молотарку, очистку і бункер, так як вони експлуатуються в умовах найбільш високих навантажень, біля 18% – на живарку, похилу камеру, платформу, підбирач, пристосування до жатки, що спричинено насамперед недотриманням вимог при експлуатації. Відмови двигуна складають біля 11% і обумовлені конструктивними недоліками турбонаддуву, приводу масляного насоса, інтенсивним спрацюванням форсунок. Так основна гідросистема, гідрооб'ємне рульове керування – 6,1% і перш за все основна відмова приходить на напірний клапан з причини потрапляння сторонніх предметів (їх частинок) на іглу, що пов'язано з недотриманням вимог до заправлення основної гідросистеми, електрообладнання – 2,1%, копнувач – 4,2%, ходова частина – 5,6% (міст ведучих коліс з гідроприводом).

Наявні відмови: вийшов з ладу підшипник на зерновому елеваторі, вийшов з ладу датчик включення вивантажувального шнека, вийшов з ладу редуктор подачі зерна в бункер, лопнув вал подрібнювача, лопнули кріплення нижнього і верхнього решета, вийшов з ладу генератор, бортовий комп'ютер. Середній час відновлення працездатності для зернозбиральних машин склав 2,1 години.

Отже, узагальнююмо отримані результати що готовність зернозбиральних комбайнів сезону 2008 року до виконання своїх технологічних функцій не перевищує 89%. Середній час відновлення працездатності для зернозбиральних машин склав 2,1 години.

УДК 621.762:669...48:658.567

О.Ю. Повстяной канд.техн.наук, доцент, В.Д. Рудь д-р.техн.наук, професор
Луцький національний технічний університет, м.Луцьк, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

Однією з головних задач реального сектору економіки України на сучасному етапі є підвищення конкурентоспроможності промислової продукції, що нерозривно пов'язано зі створенням нових матеріалів та виробів, підвищенням їх якості. У цьому відношенні порошкова металургія займає одне з пріоритетних місць, оскільки дає можливість отримувати пористі проникливі матеріали (ППМ) [1].

Технічне переозброєння виробництва, інтенсифікація технологічних процесів, розвиток галузей нової техніки висувають високі вимоги до експлуатаційних характеристик ППМ та виробів на їх основі, задовольнити які традиційними технологіями порошкової металургії практично неможливо. Звідси проводяться широкі дослідження у розробки нових технологій отримання ППМ та виробів із них з більш високими експлуатаційними характеристиками.

Порошкова металургія займає одне з пріоритетних місць, так як дозволяє отримувати фільтруючі ППМ та вироби на їх основі заданого хімічного складу в широкому діапазоні експлуатаційних характеристик. Основним призначенням фільтруючих матеріалів є очищення рідин та газів від різноманітних включень.

При створенні нових ефективних технологій та матеріалів важливо правильно визначити раціональну схему і спосіб пресування. Аналіз існуючих схем пресування показав, що поставлені сучасні вимоги до фільтруючих матеріалів може реалізувати радіальна схема пресування, які можна конструктивно реалізувати методом сухого радіально-ізостатичного пресування (СР-ІП) [2]. Тому їх можна прийняти за основу при створенні нових технологій, обладнання, інструменту та фільтруючих матеріалів.

Найбільш оптимальним процесом отримання сучасних фільтруючих ППМ є реалізація радіальної схеми ущільнення СР-ІП, коли форма з порошком ізолювана від робочої рідини еластичним середовищем. Тому для отримання перспективних фільтруючих ППМ авторами було спроектовано та виготовлено пристій для пресування порошкових фільтруючих матеріалів.

Новий технологічний процес отримання перспективних, високоефективних багатошарових фільтруючих ППМ являє собою поетапну засипку кожного шару фільтруючого матеріалу, що і визначає перспективність та багатогранність функціонального призначення даних фільтрів [3].

Створення нових перспективних видів пористих проникливих матеріалів багатофункціонального призначення є важливою задачею порошкової металургії, вирішення якої дозволить забезпечити роду галузей промисловості країни фільтруючими екологічно чистими елементами, які пов'язані з переробкою і очисткою рідин та газів.

1. Витязь П.А., Капцевич В.М., Шелег В.К. Пористые порошковые материалы и изделия из них. – Минск.: Вышэйшая школа, 1987. – 161 с.
2. Реут О.П., Богинский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. – Минск: Дзбор, 1998. – 258 с.
3. Повстяной О.Ю., Рудь В.Д., Заболотный О.В., Сичук В.А. Технология отримання багатошарових порошкових фільтруючих матеріалів з відходів промислового виробництва // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛДТУ, 2007. – Випуск 20 (1). – С.385-391.

УДК 621. 922

В.Д. Рудь, д.т.н. професор, Т.Є. Божко

Луцький національний технічний університет, м.Луцьк, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Задача вибору режимів різання при механічній обробці заключається в отриманні таких параметрів процесу, які забезпечували б максимальну ефективність в конкретних виробничих умовах. Розв'язання поставленої задачі можливе за допомогою лінійного програмування – одного із найбільш розповсюджених методів оптимізації. Даний метод передбачає, що цільова функція лінійна [1].

Для побудови математичної моделі процесу різання та використання з ціллю визначення оптимальних режимів різання згідно основних положень лінійного програмування, необхідно всі нерівності технічних обмежень та рівняння цільових функцій перетворити в лінійні форми.

Задача оптимізації розв'язана на прикладі шліфування деталей, які виготовлені методом порошкової металургії із пористого заліза марки ПЖР-3.

В якості параметрів, що потрібно знайти, приймаємо подачу S , швидкість різання V , пористість θ .

Для нашого випадку можна скласти наступні обмеження:

1. Найбільші режими різання, які допускають вимоги до шорсткості оброблюваної поверхні:

$$Ra = 0,017 \frac{S^{0,25} \cdot \theta^{1,24}}{V^{0,03}}$$

2. Найбільша сила різання, яка допускається для забезпечення сталої твердості в поверхневих шарах деталі:

$$Ry = 350,7 \frac{S^{0,17} \cdot V^{0,07} \cdot \theta^{0,27}}{\theta^{0,13}}$$

3. Найменша подача, яка допускається кінематикою верстату:

$$S \geq S_{min}; S \geq 0,05 \text{ мм/хв}$$

4. Найбільша подача, яка допускається кінематикою верстату:

$$S \leq S_{max}; S \leq 3,4 \text{ мм/хв}$$

5. Найбільша температура на поверхні деталі, яка допускається вимогою до якості поверхні:

$$T \leq T_{max}; T \leq 510^\circ$$

6. Найбільша пористість, що допускається технологічними можливостями процесу виготовлення деталі:

$$\theta = 35\%$$

7. Найменша пористість, що допускається технологічними можливостями процесу виготовлення деталі:

$$\theta = 15\%$$

Із отриманого багатокутника обмежень було виявлено, що при фінішній обробці деталі, яка виготовлена із пористого заліза марки ПЖР-3. Оптимальними режимами різання будуть: $S = 0,4$ мм/хв, $V = 9$ м/хв при $\theta = 20\%$.

1. Владимиров Е.В. Типовые математические модели и алгоритмы расчета оптимальных режимов одноинструментальной обработки материалов резанием: Методич. рекомендации. МР119-85. – М.: ВНИИНМАШ, 1985. – 120с.

УДК 621.762

В.Д. Рудь, д-р.техн.наук професор, Т.Н. Гальчук

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ СТАЛИ ШХ15

Машиностроительное производство сопровождается неизбежным образованием отходов, которые в отдельных случаях, служат исходным сырьем для получения вторичных материалов. Характерный пример такого производства это изготовление подшипников, сопровождающееся большим количеством шлифовальных операций. Разработано большое количество технологических схем переработки шлифовальных шламов с целью выделения металлической фракции в виде порошков стали ШХ15. Разнообразие схем утилизации шлифовальных шламов объясняется различными условиями обработки деталей подшипников, которые приводят к получению порошков стали ШХ15, несопоставимых по гранулометрическому составу и их технологическим свойствам.

Основным недостатком, порошков стали ШХ15, полученных по "классической" схеме, является широкая вариация гранулометрического состава и нерегулярная, дендритная форма частиц порошка.

В Луцком национальном техническом университете предложена оригинальная схема обработки порошков после разделения абразивной и металлической фракции, основой которой является дополнительное обкатывание металлической фракции и восстановительный отжиг для снятия наклепа частиц.

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния дополнительной обработки порошков стали ШХ15 на их качественные и эксплуатационные характеристики.

К технологическим свойствам металлических порошков относятся, в первую очередь, такие характеристики как угол естественного наклона, насыпная плотность, гранулометрический состав и фактор формы, определяющий степень сферичности частиц порошка. После дополнительного обкатывания-измельчения угол естественного наклона и насыпная плотность порошков стали ШХ15 приближаются к нормированным для порошков железа ПЖ-3М. Дополнительная обработка порошков придает им более упорядоченную структуру, частицы принимают форму, приближающуюся к сфероидальной.

С целью сравнения эксплуатационных, физико-механических свойств из полученных порошков были изготовлены образцы деталей конструкционного назначения. Отмечено увеличение прочности на 25...30% по сравнению с образцами из порошков ШХ15, полученных по "классической" технологии утилизации. Получены удовлетворительные результаты триботехнических испытаний таких деталей.

Таким образом, разработанная технология в ЛНТУ позволяет увеличить комплекс динамических и эксплуатационных характеристик деталей из порошков стали ШХ15.

УДК 621.9.06.–233.1:621.822.76

Ю.М. Данильченко, д-р техн.наук, В.І. Кломісць, асист.

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ ДІАГНОСТИКИ РАДІАЛЬНО-УПОРНИХ КУЛЬКОВИХ ПІДШИПНИКІВ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ЇХ ЗОВНІШНІХ КІЛЕЦЬ

Радіально-упорні кулькові підшипники широко використовуються як опори роторних машин і, зокрема, шпиндельних вузлів металорізальних верстатів. Саме підшипники опор значною мірою визначають як показники жорсткості та швидкохідності шпиндельних вузлів, так і їх точність. Вони є як джерелом збурень коливань шпинделя, так і джерелом відповідної діагностичної інформації.

Метою даного дослідження є оцінка можливості і перспектив використання інформації про зміну пружно-деформаційного стану зовнішніх нерухомих кілець підшипників для діагностики зміщень внутрішніх кілець і, відповідно, змонтованого на них шпинделя. Для цього необхідно провести оцінку величин і характеру пружних деформацій зовнішніх кілець підшипників різних серій з урахуванням неідеальності їх виготовлення і встановити кореляційний зв'язок між цими деформаціями і зміщеннями внутрішніх кілець цих же підшипників.

При класичному розрахунку деформованого стану неідеального радіально-упорного кулькового підшипника застосовується „енергетичний підхід” [1], сутність якого полягає в отриманні потенційної енергії деформованого стану підшипника шляхом сумування потенційних енергій, накопичених при деформуванні всіх тіл кочення (кульок) в контактних групах “тіло кочення – кільця підшипника”. При цьому величина контактної деформації в кожній контактній групі визначається взаємним положенням кілець підшипника, що дозволяє шляхом розв'язку системи рівнянь рівноваги для фіксованих кутів повороту внутрішнього кільця підшипника визначити траєкторію його руху. Необхідно зазначити, кільця підшипника при цьому вважаються абсолютно жорсткими. Відповідно, при врахуванні пружності зовнішнього кільця, необхідно провести уточнений розрахунок траєкторії руху внутрішнього кільця, і вже за його результатами здійснити дослідження кореляційного зв'язку між деформаціями зовнішнього і зміщеннями внутрішнього кілець.

Для дослідження обрано радіально-упорні кулькові підшипники 36206 і 36106 з посадочним діаметром 30 мм. Похибки виготовлення доріжок кочення кілець і комплекту кульок задавались за рекомендаціями [1].

Дослідження проводилось на моделі зовнішнього кільця підшипника, створеній в середовищі тривимірного моделювання Autodesk Inventor із використанням модуля "Аналіз напружень". Зовнішнє кільце навантажувалось силами, розрахованими за класичним підходом [1].

Посилання:

1. Журавлев В.Ф., Бальмонт В.Б. Механика шарикоподшипников гироскопов. – М.: Машиностроение. 1985. – 272 с.

УДК 621.941.08

О.М. Яхно, д-р.техн.наук, проф., С.В. Струтинський, асп.

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СФЕРИЧНОГО АЕРОСТАТИЧНОГО ОПОРНОГО ВУЗЛА

Приведена специальная методика и результаты исследования статических характеристик, сферического аэростатического опорного узла.

The special method and results of research of static descriptions is resulted, spherical aerostatics supporting knot.

Аеростатичні сферичні опорні вузли мають високу точність та низькі моменти опору [1]. Їх застосування в прецизійних технологічних машинах суттєвим чином підвищує точність та динамічні характеристики технологічних машин [2].

Розробка сферичних опорних вузлів базується на результатах досліджень їх характеристик. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження статичних силових характеристик аеростатичних сферичних опорних вузлів.

Теоретичні дослідження статичних характеристик виконані по спеціальній методиці. Вона враховує закономірності течії повітря в кожному аеростатичному опорному елементі, які розташовані по периметру сфери. Виконано розрахунки силової характеристики, яка встановлює залежність переміщення сфери е від діючого на неї навантаження F. Силова характеристика описана поліноміальною функцією

$$F_i = a_i + b_i e^3 \quad (1)$$

де a_i , b_i – розрахункові коефіцієнти.

В процесі досліджень також проведено експериментальні виміри силової характеристики аеростатичного сферичного опорного вузла. Для навантаження вузла використано безлюфтовий гвинтовий пристрій в комплекті із двостороннім кільцевим динамометром. Переміщення сфери вимірювалось індикаторами з точністю $\pm 0,5$ мкм. Навантаження сфери здійснено в межах конуса з кутом при вершині 40° при вертикальному розташуванні вісі конуса. При експериментальних дослідженнях проведено послідовне знакозмінне навантаження вузла радіальним навантаженням в межах ± 1000 Н ступенями по 100 Н. При цьому виміряно переміщення сфери відносно її номінального положення (рис. 1). Розрахункові значення по формулі (1) відповідають експериментальним даним при переміщеннях сфери в діапазоні $e = \pm 25$ мкм. При більших переміщеннях має місце відхилення розрахункових за формулою (1) і експериментальних даних. Тому одержана експериментальна залежність "сила-переміщення" апроксимована уточненою поліноміальною математичною моделлю виду

$$F_e = ae + be^3 + ce^5 \quad (2)$$

де значення коефіцієнтів поліноміальної математичної моделі a_e , b_e , c_e вибрані із умови найкращого наближення формули (2) експериментальним даним згідно методу найменших квадратів.

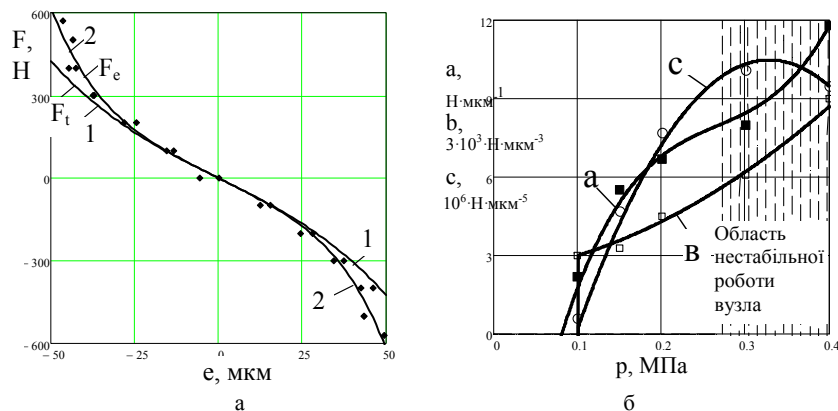


Рис. 1. Силова характеристика сферического аэростатического опорного узла (а) та залежність коефіцієнтів поліноміальної моделі характеристики від тиску в пневмосистемі (б)

Точність апроксимації експериментально визначеної характеристики поліноміальною моделлю (2) знаходяться в межах 5% (крива 2 на рис. 1а), що можна вважати достатнім для складної просторової системи аеростатичного шарніра.

Параметри силової характеристики визначаються рядом факторів. Основним з них є тиск в пневмосистемі живлення сферичного аеростатичного опорного вузла.

Експериментально визначено вплив тиску в пневмосистемі на силову характеристику. Встановлено, що при зміні тиску в межах 0.1..0.4 МПа силову характеристику задовільно апроксимується поліноміальною моделлю (2). Коефіцієнти моделі збільшуються при зміні тиску (рис. 1б).

В результаті досліджень встановлено, що підвищення тиску живлення понад 0.28 МПа приводить до нестійкої роботи сферичного аеростатичного опорного вузла.

Це проявляється у виникненні вібрацій сфери які супроводжуються підвищеним шумом і ударами. Ці явища спостерігаються при навантаженнях на сферу, що перевищать $\pm 700 \text{ Н}$ і переміщеннях сфери більших $\pm 40 \text{ мкм}$. Порушення статичного режиму роботи вузла пояснюється нестійкою роботою окремих аеростатичних опор при підвищенні тиску живлення. Зменшення робочого зазору в аеростатичній опорі визиває нестійку течію повітря в зазорі. В сполученні із впливом стиску повітря в порожнинах опори нестійкість течії приводить до хаотичної зміни опорної реакції, а відповідно і до виникнення коливань сфери, що супроводжуються ударами при контактах сферичних поверхонь.

Дані явища інтенсифікуються при підвищенні тиску живлення. Це виявлено в процесі вимірів силової характеристики опори.

На основі проведених досліджень рекомендується обмежити тиск живлення величиною 0.25 МПа . При цьому забезпечується достатньо висока жорсткість опори, стабільність її характеристик та виключаються небажані вібрації сфери.

УДК 621.7

В.Б. Струтинський, д-р.техн.наук, проф.

НТУ України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ТЕОРІЇ ПОЛЯ В ДИНАМІЦІ ВЕРСТАТІВ

Рассмотрено исследование полей кинематических и динамических параметров сложных пространственных технологических систем металлорежущих станков. Предложено описание полей кинематических и динамических параметров дискретными математическими моделями в виде пространственных массивов изменяемой размерности, определенных в абсолютной системе координат.

Research of the fields of kinematics and dynamic parameters of the difficult spatial technological systems of metal-cutting machine-tools is considered. Description of the fields of kinematics and dynamic parameters is offered by discrete mathematical models as пространственных массивов изменяемой размерности, определенных в абсолютной системе co-ordinates.

Параметри якості металорізальних верстатів визначаються динамічними процесами в складних просторових змінюваних випадковим чином технологічних системах верстатів. Опис динамічних процесів доцільно здійснити в термінах теорії поля. Розглядаються стохастичні поля кінематичних та динамічних параметрів у просторових технологічних системах верстатів.

Показники точності верстатів визначаються нестационарними стохастичними полями переміщень деталей які забезпечують формоутворюючі рухи. Вібраційні параметри верстатів визначаються стохастичними полями швидкостей та прискорень які звичайно мають нелінійний характер. Динамічні (силові) фактори є результатом прояву напружено-деформованого стану основних елементів пружної системи, що визначається тензорними полями напружень і деформацій. Як і векторні поля кінематичних параметрів, поля силових факторів мають стохастичний характер, часто є нелінійними та мають області виродження (сингулярності). Суттєвий вплив на показники динамічної якості верстатів мають робочі процеси, що протікають в основних елементах технологічної системи. Детальний аналіз робочих процесів контактного деформування, тертя і різання здійснюється в термінах теорії поля. Характеристики робочих процесів значною мірою визначаються наявністю рідкого середовища (мастила) із відповідними параметрами, що описуються векторними і тензорними полями.

Дослідження полів кінематичних і динамічних параметрів складних просторових технологічних систем металорізальних верстатів є важливою науково-технічною проблемою, що має важливе значення для вдосконалення верстатів. В даний час розроблено ряд методів і методик опису параметрів. Більшість із них базується на поданні технологічної системи верстата у вигляді системи твердих тіл із пружно-дисипативними зв'язками між ними. Такі підходи мало ефективні при дослідженні динаміки складних просторових стохастичних технологічних систем верстатів тому, що не враховують змін актуальної форми деталей верстатів та мікропереміщень в контактах деталей змінної конфігурації.

Ефективним є запропонований опис полів кінематичних і динамічних параметрів дискретними математичними моделями визначеними в абсолютній системі координат.

При цьому як положення елементів пружної системи верстата так і актуальна форма елементів описуються багатовимірними масивами. Компоненти багатовимірних масивів та їх структура мають випадкові зміни, що відображають стохастичний характер полів кінематичних і динамічних параметрів просторових технологічних систем верстатів.

Запропонована схема опису поля набором вкладених багатовимірних масивів є надзвичайно гнучкою і дозволяє проводити поточне ускладнення або спрощення дискретної моделі поля не змінюючи загальну структуру багатовимірного масиву. При ускладненні моделі збільшується лише вимірність масиву, а при спрощенні моделі вимірність зменшується. Наприклад при побудові моделі стохастичного векторного поля компоненти якого в кожній точці являють одновимірний масив, ускладнення моделі полягає у введенні тензорного поля кореляційних моментів, яке описується двовимірним масивом у кожній точці поля. При цьому дослідження стохастичного векторного поля зводиться до аналізу детермінованого поля тензора 2-го рангу, що є ефективним і значно спрощує процес досліджень. Введення поля кореляційних моментів приводить до зміни об'єкту досліджень у вигляді стохастичного поля на об'єкт у вигляді детермінованого поля.

Розробка спеціальних методів теорії поля потребує визначення особливостей формування і перетворення дискретних моделей. При цьому необхідно враховувати специфіку реальних динамічних процесів у просторових технологічних системах верстатів. Наявність складних взаємопов'язаних просторових рухів, нелінійні характеристики систем враховуються в дискретних моделях введенням додаткових функціональних залежностей, які описують нелінійні характеристики поля. Для суттєвих нелінійностей функціональні залежності являють собою детерміновані або стохастичні нескінченно швидкі процеси. З метою спрощення моделей для опису суттєвих нелінійностей застосовуються одномірні або багатомірні узагальнені функції.

Запропоновані методи є розвитком основних положень теорії поля стосовно аналізу складних просторових технологічних систем металорізальних верстатів.

УДК 621.2

В.Б. Струтинський, д-р.техн.наук, проф., О.Я. Юрчишин, канд.техн.наук

І. А. Рибачок, асп.

НТУ України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ВЕРСТАТА ПРИ НАЯВНОСТІ ВИПАДКОВИХ ЗБУРЕНЬ В ПРИВОДІ ГОЛОВНОГО РУХУ

Динамічні характеристики шпиндельного вузла верстата значною мірою впливають на показники точності обробки. Динамічні характеристики шпиндельного вузла визначаються теоретично і експериментально. Теоретичне визначення характеристик базується на динамічних моделях, які не враховують випадкових збурень в приводі головного руху верстата. Тому між розрахунковими і експериментальними характеристиками наявна якісна невідповідність, що суттєвим чином впливає на точність розрахунків.

Запропонована спеціальна методика математичного моделювання динамічних характеристик шпиндельного вузла, яка враховує наявність випадкових збурень в приводі головного руху. Методика включає побудову динамічної моделі шпиндельного вузла у вигляді підсистем поступальних і крутильних переміщень шпинделя верстата в зоні різання. Відповідно динамічної моделі складено рівняння динамічної рівноваги та одержано систему диференціальних рівнянь, які описують коливання шпиндельного вузла. Диференціальні рівняння подані в операторному вигляді і приведені до виду структури, яка відображає причинно-наслідкові зв'язки в динамічній системі шпинделя і приводі головного руху.

Для визначення динамічних властивостей шпиндельної групи використано перехідні характеристики, зокрема імпульсну характеристику шпинделя при вході у вигляді імпульсної (ударної) зміни сили різання. Випадкові збурення в приводі головного руху локалізовані в зубчастих передачах та в електродвигуні. Випадкові збурення моделюються у вигляді композиції широкополосних випадкових процесів, ширина частотного спектру яких на порядок перевищує частоту височастотної складової власних коливань динамічної системи шпинделя.

Випадкові процеси, застосовані під час моделювання, близькі по спектральному складу до процесу у вигляді «білого шуму» в обмеженому діапазоні частот. В процесі моделювання динамічних характеристик шпинделя імітовано випадкові збурення різного виду. Встановлено, що вигляд випадкових збурень мало впливає на динамічні характеристики шпинделя на початковій ділянці імпульсної характеристики. На кінцевій ділянці характеристики випадкові збурення проявляються у вигляді незначних випадкових відхилень положення шпинделя від номінального положення. Відхилення мають вигляд полігармонічних процесів, частотний склад яких відповідає власним частотам поперечних та крутильних коливань шпиндельної групи верстата. Амплітуда випадкових коливань шпинделя є незначною і не перевищує 5..7% від максимального переміщення шпинделя під дією імпульсного навантаження.

УДК 621.9.06-529-8

О.В. Литвин, канд.техн.наук, доц.

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ
ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ ПРИ ОБРОБЦІ НЕЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Затискні патрони широко застосовується для закріплення кільцевих та циліндричних заготовок при обробці на токарних верстатах. На жаль, похибки обробки можна встановити тільки після закінчення процесу і після вимірювання.

Похибка обробки регламентована технічними вимогами до оброблюваної поверхні і вона повинна бути забезпечена в процесі обробки. Похибка верстата, яку формують всі підсистеми, не повинна перевищувати $\frac{2}{3}$ допуску на найбільш точний розмір, який виконується на деталі. Загальна похибка обробки складається з похибок метода обробки, геометрії верстата, похибок кінематики приводів, похибок внаслідок статичних деформацій пружної системи верстата та динамічних похибок обробки. Похибки з'являються через розміщення затискних кулачків відносно напрямку радіального навантаження коливання (переміщення) системи заготовка - затискний патрон.

Останнім часом запропонована нова концепція оцінки точності виготовлення деталей. Ця концепція вже урахує вплив технологічної системи верстату на точність обробки, але створена автоматизована система прогнозування точності деталі базується на статичних залежностях, а динамічні явища представлені у вигляді експериментально отриманих траєкторій биття вісі шпинделя у різних перерізах за довжиною деталі.

Експериментальні дані було отримано з практичних випробувань шестикулачкового патрону. Проаналізувавши отримані експериментальні дані, можна стверджувати, що заготовка під час затиску в шестикулачковому патроні приймає шестигранну форму. Отже, деталь, котра отримана після точіння, здобуде деяку технологічну спадковість, внаслідок сил деформування виникаючих під час затиску заготовки в пристрої, котра обов'язково відобразиться на точності та якості готового виробу в цілому.

Доведено, що відносно положення інструменту і деталі, яке забезпечує формоутворення, суттєво залежить від динамічних факторів, що діють у технологічній системі верстата під час обробки. Особливе значення це набуває при обробці заготовок з нерівномірним припуском, коли система весь час знаходиться під дією періодичних збурень, наприклад зміни глибини припуску у поперечному перерізі заготовки.

Використовуючи прикладну програму, та задавши вихідними даними щодо жорсткості технологічної оброблюваної системи та параметрів деталі, досліджено вплив деформування заготовки під час оброблення у шестикулачковому патроні.

Вихідні дані: заготовка діаметром 220 мм (сталь ШХ-15), довжина 180 мм, формовальність 1.5 мм; встановлення – патрон і задній центр; технологічна оброблювана система: маса 64 кг, демпфірування 4000, жорсткість 10^3 Н/мм, шпиндель $C_y=60$, $C_z=55$, супорт $C_y=24$, $C_z=22$; процес різання $S=0,43$ мм/об, $C_p=2900$, $x_p=0,87$, $y_p=0,68$, $p_p=-0,3$.

Таким чином, після моделювання було отримано наступне: максимальна технологічна спадковість при обробці тонкостінного кільця патроні спостерігається при швидкості різання 90 м/хв. Для підвищення якості обробки, треба намагатися уникати цієї швидкості при обробці. Технологічна спадковість значно зменшується при підвищенні швидкості різання до 150 м/хв., але це потребує додаткових затрат енергії та пошуку нової конструкції токарного патрону, який мав змогу забезпечити необхідні режими різання.

УДК 621.923

І.А. Рибачок, асп.

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК УСТАНОВКИ ДЛЯ МАГНІТНО-
АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ЧЕРВ'ЯКІВ ТА ХОДОВИХ ГВИНТІВ

В технології виготовлення таких деталей як черв'яки та ходові гвинти важливу роль відіграють фінішні етапи обробки, оскільки саме вони визначають якість робочих поверхонь і працездатність зчеплення.

До даних деталей пред'являють вимоги по точності форми та розмірів профілю (діаметральні розміри гвинта, точність кроку й профілю різі, точність опорних шийок, співвісність різі гвинта і його опорних шийок, відхилення від перпендикулярності опорних буртиків і вісі обертання ходового гвинта, товщина нитки різі) та вимоги по довговічності і надійності зчеплення (важливі такі характеристики поверхні, як коефіцієнт тертя, тривалість прироблення, зносостійкість, наявність дефектів у вигляді мікротріщин, внутрішні залишкові напруги, корозійна стійкість). Базуючись на цих вимогах вибирається метод фінішного оброблення.

В останні роки широке застосування в якості методу фінішної обробки, який забезпечує як полірування поверхні так і поверхневе зміцнення набула магнітно-абразивна обробка, яка робить можливим обробку складно-профільних деталей з високою ефективністю і продуктивністю: досягненням заданої шорсткості, збереженням основних геометричних розмірів деталей і в деяких випадках їх корегування.

Відомий ряд способів МАО складнопрофільних деталей які реалізуються на верстатах типу «кільцева ванна». Проаналізовані існуючі схеми МАО черв'яків та гвинтів, показана їх недостатня ефективність, а навіть неможливість їх реалізації для багатозахідних черв'яків та гвинтів. Запропоновано до застосування МАО цих деталей методи обкатки.

Для реалізації МАО гвинтів методом обкатки розроблені структурно-кінематичні схеми верстатів та конструкція пристосування до токарно-гвинторізного верстата.

Метою роботи є проведення кінематичного розрахунку установки, що проектується, для МАО черв'яків та ходових гвинтів методом обкатки, скласти послідовність оброблення деталей на установці.

Оброблення на установці буде здійснюватись в послідовності:

- оброблювана деталь встановлюється в центрах токарно-гвинторізного верстата;
- встановлюються відповідні до деталі полюсні наконечники;
- налагоджується швидкість обертання шпинделя в залежності від матеріалу, фізичних і хімічних властивостей оброблюваної деталі;
- налагоджується гвинторізний ланцюг на величину подачі (кроку), необхідної для одержання потрібної шорсткості поверхонь оброблюваної деталі;
- по розрахованим даним налагоджується двухпара гітара для компенсації налагодженого кроку гвинторізного ланцюга і кількості заходів гвинтової лінії, тому що на виході гітара повинна видавати стабільне відношення $\frac{1}{5}$, так як саме для цієї величини були проведені

розрахунки зубчастих коліс;

- також налагоджується двухпара гітара для компенсації кроку оброблюваної гвинтової лінії;
- включаємо привід верстата (починає обертатися оброблювана деталь і, отже, узгоджено з нею, полюсні наконечники);
- включаємо повздовжню подачу за допомогою ходового гвинта (полюсні наконечники

через диференціал починають повертатися на величину $\frac{S}{t}$, S - подача, t - крок різі оброблюваної деталі);

- після проходку всієї довжини оброблюваної деталі включаємо реверс обертання шпинделя, за допомогою чого одержуємо циклічну обробку деталі без холостого ходу для повернення в початкове положення, що значно підвищує продуктивність процесу обробки, знижуючи штучно-калькуляційний час на весь процес обробки.

УДК 621.941.323.2

В.Г. Кушик, канд.техн.наук, доцент

НТУУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЦІЛЬОВИХ МЕХАНІЗМІВ
МЕТАЛООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ

Приведены конструкции элементов целевых механизмов металлообрабатывающего оборудования, созданные на уровне изобретений, обеспечивающие широкодиапазонность, защиту от попадания стружки и смазочно-охлаждающей жидкости на их рабочие поверхности конструкторско-технологическими методами.

Designs of elements of target mechanisms of the metalcutting equipment, created on a level of the inventions, providing wide-range, protection against hit of a shaving and be lubricating-cooling liquid on their working surfaces are resulted by design-engineering methods.

Експлуатаційні властивості одно- і багатопиндєльних токарних автоматів визначаються похибкою лінійних розмірів, полем розсіювання значень конкретних параметрів (довжина, діаметр, висота уступів) оброблених деталей і похибкою форми (овальність, конусність, біття) та залежать одночасно від значного числа факторів, причому вплив кожного з них може бути досить істотним.

Застосування емульсії на водній основі для пруткових автоматів вимагає особливо ретельного догляду за верстатом у зв'язку з наявністю цанг, які мають прорізи, які розкриваються при розтиску для подачі прутка. Через ці і інші зазори емульсія проникає всередину верстата й змішується з мастилом, що є причиною передчасного виходу з ладу самого мастила й деталей верстата. Тому, в пруткових автоматах, необхідно вживати додаткових заходів герметизації цанг, не направляти охолоджувальну рідину на цанги, стежити за станом манжети на цанзі затиску й частіше видаляти емульсію, що потрапила в систему змащування.

Конструкції стандартних затискних цанг для одно- і багатопиндєльних автоматів провідних закордонних фірм (Schaublin, Schunk, Hardinge, Forkard та інших) не передбачають захисту робочих поверхонь елементів цільових механізмів (цанг) від попадання стружки і змащувально-охолоджувальної рідини, що приводить до погіршення експлуатаційних властивостей автоматів в цілому. Цанговий патрон із захисними кришками компенсує вище перераховані недоліки.

Для пошуку нових конструкцій цангових патронів, які забезпечують відвід змащувально-охолоджувальної рідини від робочих поверхонь губок цанги, а також забезпечення широкого діапазону затиску діаметрів прутків використовується методи пошуку нових технічних рішень, такі як, наприклад, метод морфологічного аналізу, фокальних об'єктів, мозкового штурму та інші. Приведені методи дозволили створити нові конструкції цангових патронів на рівні винаходів з наперед заданими властивостями.

Забезпечення високих експлуатаційних властивостей і розширення технологічних можливостей елементів цільових механізмів технологічного металообробного обладнання, а саме цангових патронів, здійснюється конструкторсько-технологічними методами за рахунок використання нових підходів створення конструкцій, що відповідають критерію широкодиапазонності і підвищують осьову точність та забезпечують захист елементів патрона від попадання стружки і змащувально-охолоджувальної рідини.

УДК 621.923

Ю.Д. Филатов д.т.н., В.И. Сидорко д.т.н., С.В. Ковалев инж., А.Ю. Филатов инж.
Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. КиевЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Эффективность финишной алмазно-абразивной обработки высококачественных деталей из неметаллических материалов (НМ) определяется производительностью съема обрабатываемого материала и качеством обработанных поверхностей. При исследовании контактного взаимодействия инструмента и обрабатываемой детали в процессе финишной алмазно-абразивной обработки НМ установлены зависимости указанных параметров эффективности от длины L_t пути трения элемента рабочего слоя инструмента по обрабатываемой поверхности детали, коэффициента теплопроводности λ обрабатываемого материала, температуры T , номинального давления p_a прижима инструмента к обрабатываемой поверхности, скорости u и относительного перемещения инструмента и детали, площади S_k контакта инструмента и детали, которые

выражаются через безразмерный параметр $\theta = \frac{\lambda T L_t}{p_a u S_k}$.

Зависимость производительности полирования различных видов материалов - природного и синтетического строительного и поделочного камня (агат, родонит, нефрит, яшма техническая, халцедон, амазонит, обсидиан, чароит, яшма орская, габбро, мзеевик, базальт плавильный, кварц, базальт), технического и оптического стекла различных марок (хрусталь, ТК116, ТК21, БФ12, ТФ101, ТФ102, ТФ110, К8) от параметра θ аппроксимирована функцией $Q(\theta) = Q_0 \exp(-\gamma \cdot \theta)$ (величины λ , T , p_a и u представлены в системе СИ, коэффициент теплопроводности рассчитан по химическому составу согласно методике Русса, $Q_0 = 0,55$ мкм/мин., $\gamma = 1,13$, погрешность расчета не превышает 30 %).

Качество обработки, характеризуемое параметрами микропрофиля обработанной поверхности, также зависит от параметра θ . При полировании оптического стекла марок ТФ110, ТК21, БФ12, ТФ101, ТФ102, ТК116, К8 и хрусталя шероховатость поверхностей оценивается параметром $Ra \approx 0,01$ мкм и практически не зависит от их физико-механических свойств. При полировании природного и синтетического камня возрастание параметра Ra при увеличении параметра θ объясняется тем, что при обработке материалов с большей теплопроводностью (большим значением параметра θ) согласно основному уравнению физико-статистической модели образования и удаления частиц шлама $\xi_m U^* = \lambda T (U^* - \text{энергия переноса})$, ξ_m – коэффициент массового износа) возрастает ξ_m , то есть размеры частиц шлама увеличиваются и, соответственно, ухудшается шероховатость. Физический смысл безразмерного параметра (коэффициента переноса) θ состоит в том, что он показывает какая часть механической энергии W_m , затрачиваемой на процесс обработки, переносится частицами шлама при их удалении с обрабатываемой поверхности, а его отношение к коэффициенту трения k_t

может быть выражено как $\frac{\theta}{k_t} = \frac{U_\Sigma^*}{W_m}$ (U_Σ^* - полная энергия переноса). При его

увеличении увеличивается энергия переноса и уменьшается энергия диспергирования, что приводит к уменьшению производительности съема обрабатываемого материала и ухудшению шероховатости качества обработанной поверхности.

УДК 621.647.23

А.Ф. Луговской, д-р.техн.наук, проф., Н.С. Шидловский, канд.техн.наук, доц.,
И.А. Гришко, асп., С.О. Кравченко, маг.

НТУ України «Київський політехнічний інститут», г. Київ, Україна

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИОННОЙ СТИРКИ

Одной из проблем настоящего времени является ухудшение общей санитарно-эпидемиологической обстановки в мире. С проблемой обеспечения инфекционной безопасности населения сталкиваются как индустриально развитые страны, так и страны с низким уровнем социально-экономического развития. Специалистами отмечается как активизация известных инфекционных заболеваний, так и появление ранее неизвестных инфекций.

Инфекционная безопасность традиционно обеспечивается периодической стиркой в машинах барабанного типа с добавлением моющих средств, антистатиков и крахмала, последующей сушкой и глажкой. Одежду и постельное белье больных и медицинского персонала хирургических отделений дополнительно дезинфицируют и стерилизуют, используя пар высокой температуры и ультрафиолетовые лампы. Указанный процесс является весьма длительным и энергозатратным. Он требует наличия квалифицированного обслуживающего персонала и постоянного контроля конечного качества из-за нестабильности и недолговечности ламп ультрафиолетового излучения. В домашних условиях такая технология обеззараживания тканей вообще труднореализуема.

Экологическая безопасность требует дезинфицировать также воду после стирки больничной одежды и постельного белья. Применение ультрафиолетовых ламп в этом случае оказывается малоэффективным из-за мутности отработанной воды.

В тоже время в технике широко используется явление ультразвуковой кавитации, возникающее при введении в жидкость ультразвуковой волны высокой интенсивности. Помимо прочих возможностей, ультразвуковая кавитация обеспечивает удаление загрязнений с поверхностей и обеззараживание.

Для оценки перспективности применения ультразвуковой кавитации в технологическом процессе стирки и обеззараживания были проведены сравнительные испытания двух упомянутых технологий. Испытания проводились на четырех широко распространенных видах тканей: ситец, батист, бязь, шелк.

На первом этапе исследовали изменение прочности ткани на разрыв в зависимости от количества стирок. С этой целью из упомянутых тканей вырезали образцы шириной 30мм и длиной 100мм. Часть образцов подвергли дальнейшей обработке по традиционной технологии в стиральной машине барабанного типа. Вторую часть образцов подвергли обработке по ультразвуковой кавитационной технологии. С этой целью образцы закрепляли на специальной рамке и помещали в кавитационную технологическую ванну. Источником ультразвуковых колебаний являлся резонансный малоамплитудный пьезоэлектрический привод-излучатель, который был размещен на донной поверхности ванны. Интенсивность вводимых в жидкость ультразвуковых колебаний составляла $0,8 \text{ Вт/см}^2$, плотность ультразвуковой энергии в объеме жидкости составляла $0,1 \text{ Вт/см}^3$.

При кавитационной стирке воздействие на загрязнения и микроорганизмы осуществляется за счет действия нескольких механизмов. При схлопывании кавитационного пузырька в полупериоде сжатия ультразвуковой волны от пузырька, в случае его удаленного расположения от соседних пузырьков или от поверхности

волокон ткани или микроорганизма, расходятся в радиальном направлении ударные волны, импульсное давление в которых может достигать 100 ГПа. Эти интенсивные ударные волны разрушают отвердевшие загрязнения и отрывают их от более мягких волокон ткани. Если кавитационный пузырек схлопывается вблизи соседнего пузырька, вблизи поверхности ткани или вблизи тела микроорганизма, то из него, вследствие радиальной неуравновешенности сил, в направлении соседней поверхности выбрасывается интенсивная кумулятивная струя, разрушающая твердые поверхности загрязнений и пробивающая оболочки микроорганизмов.

Пульсации кавитационных пузырьков и ударные волны порождают микротечения в воде, которые интенсивно перемешивают моющий раствор на молекулярном уровне, повышая его эффективность, и размыывают мягкие загрязнения, например, жировые пленки. Кроме того, эти ударные волны за счет перепадов давлений между пучностями и узлами ультразвуковой волны физически разрушают нитевидные микроорганизмы. Локальные температуры при схлопывании пузырьков могут достигать 1000°C , что активизирует химические процессы и также оказывает губительное воздействие на микроорганизмы и бактерии.

Результаты проведенных испытаний для всех образцов тканей сведены в графические зависимости, представленные на рис. 1.

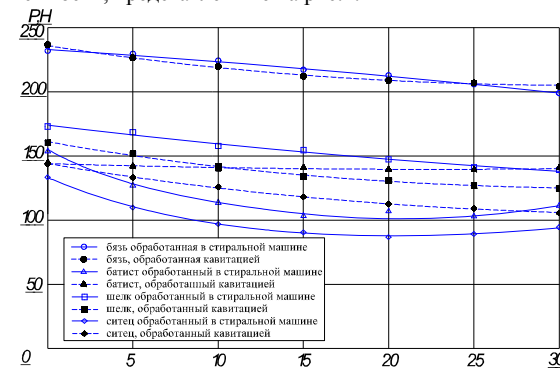


Рис. 5. Залежність сили розриву образцов ткани от количества циклов обработки

Результаты исследования подтверждают целесообразность применения технологии ультразвуковой кавитационной стирки. Кавитационная обработка уменьшает прочность ткани аналогично традиционной барабанной стирке, то есть не более, чем на 20% за 30 циклов обработки.

При этом в отличие от традиционной барабанной стирки при кавитационной технологии ткань не деформируется механически, а находится в статическом состоянии, что позволяет применять ее при обработке ажурных изделий из тонких тканей.

Наилучшие результаты кавитационной стирки обеспечивают ультразвуковые высокоамплитудные приводы-излучатели, обеспечивающие введение в жидкость ультразвуковых колебаний с интенсивностью $15 \dots 20 \text{ Вт/см}^2$. При этом обеспечивается уничтожение большинства микроорганизмов и бактерий.

УДК 621.923.04

А.П. Гавриш д-р.техн.наук, Т.А. Ройк д-р.техн.наук, О.О. Мельник асп,
Ю.Ю. Віцюк асп.

НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ ПРИ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОМУ ОБРОБЛЕННІ

Однією з невирішених проблем сучасного машинобудування є недосконалість існуючих та відсутність надійних, та ефективного методу вимірювання температур безпосередньо в зоні контакту оброблюваної деталі та різальних кромek інструменту.

Ця задача особливо актуальна на завершальних фінішних операціях технологічного процесу оброблення деталей з різних матеріалів.

В рамках науково-дослідної роботи (Державна науково-технічна програма МОН України № 2140-п) було передбачено проведення досліджень процесів при високих температурах, при шліфуванні магнітно-м'яких сплавів, які є високолегованими, важкооброблюваними сплавами на основі нікелю і до складу яких входять лігатури – залізо, вуглець, вольфрам, хром, молібден, титан, алюміній, кобальт, ванадій, бор, церій, фторид кальцію та інше.

При магнітно-абразивному обробленні розміри стружок досить малі і не перевищують значень площі перерізу у розмірі 5 – 10 мкм², що веде до виникнення мінімальних температур у зоні оброблення, які звичними методами виміряти неможливо.

Основною метою при розробці нового методу вимірювання температур була фіксація невеликих температур в діапазоні 70-200°C.

Поставлена задача вирішується тим, що штучно утворюють термопару шляхом поєднання електроду хромелевого дроту з матеріалом оброблюваної деталі, що слугує другим електродом, причому хромелевий електрод через отвір у деталі вводять у зону магнітно-абразивної обробки, а гарячий спай штучної термопари утворюється розігрітою від оброблення стружкою.

Використання винаходу дозволяє забезпечити надійну реєстрацію значень миттєвих контактних температур у зоні оброблення. Встановлюючи необхідні режими різання при магнітно-абразивній обробці, гарантувати оброблення мінімальних значень параметрів наклепу у поверхневому шарі деталі, що обробляється. Це також зменшує брак при обробці, попереджуючи виникнення у процесі виробництва деталей з високолегованих сплавів на основі нікелю кристалічних температур, що не повинні перевищувати значень точки Кюрі (100-350°C) з урахуванням марок матеріалів деталей, що оброблюються.

Висновок: В ході проведених досліджень було запропоновано новий метод вимірювання миттєвих контактних температур в зоні магнітно-абразивної обробки. Ці результати були оформлені та подані у вигляді заявки на отримання охоронного документу (заявка на Патент України), що отримала позитивне рішення.

УДК 621.983

В.І. Стеблюк, д-р.техн.наук, О.В. Калюжний, канд.техн.наук,
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ПРОЦЕСІВ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

В сучасних умовах перед розробником новітніх технологій в галузі листового штампування постають дві важливі задачі. З одного боку в умовах конкуренції розробка технології та сам технологічний процес повинні складатись з мінімальної кількості переходів, що обумовлено показниками економії матеріальних, трудових та часових ресурсів. З іншого боку сучасні вимоги до матеріалів та якості нових виробів не дозволяють використовувати традиційні підходи до проектування технологічних процесів, які базуються на виробничому досвіді та експериментальному відпрацюванні. Для вирішення поставлених задач все частіше використовують математичне моделювання, яке реалізоване в ряді універсальних комерційних пакетів (ANSYS, LS-DYNA, FastForm, DynaForm, NASTRAN, ABAQUS та інші). Але, попри всі переваги, дані програми мають один суттєвий недолік: для роботи з ними необхідна висококваліфікована підготовка персоналу: фахівців в програмуванні для підготовки вихідних даних для розрахунків та фахівців в області обробки металів тиском для аналізу результатів моделювання та обґрунтування їх використання в виробництві.

Враховуючи вищенаведене, для врахування переваг та компенсування недоліків певний час на кафедрі МПМ та РП НТУУ „КПІ” проводились роботи по створенню власного пакету програм, направлено на вирішення на базі методу скінчених елементів (МСЕ) конкретних задач листового штампування.

Створений пакет програм дозволяє вирішувати пружно-пластичні задачі формоутворення виробів процесами холодного листового штампування та визначати розвиток напружено-деформованого стану (НДС) заготовки від вихідного положення до отримання кінцевої форми виробу. При цьому враховуються: а) конструктивні, технологічні та фізико-механічні параметри, що впливають на процес формозміни; б) технологічна спадковість з урахуванням руйнування, що є одним з визначальних факторів при розрахунках процесів листового штампування які складаються з двох та більшої кількості переходів; в) потоншення в небезпечному перерізі – на радіусах заокруглення деформуючого інструменту. Це потоншення має суттєвий вплив на геометрію виробів і технологічні властивості заготовки при подальшому формоутворенні.

Далі розглянуто приклади розрахункового аналізу процесів попереднього профілювання заготовок для витягування та витягування з них порожнистих виробів із сталі; витягування порожнистих виробів із титанового сплаву; витягування з потоншення виробів з порожниною простої та складної конфігурації; обтискування порожнистих виробів

На наведених прикладах моделювання процесів холодного листового штампування методом скінчених елементів було показано можливості створеного пакету прикладних програм для визначення параметрів технологічних процесів на стадії проектування для отримання виробів необхідних розмірів з заданими або прогнозованими механічними властивостями. При моделюванні процесів штампування, яке розподіляється на певну кількість кроків навантаження, враховано такі важливі фактори як технологічна спадковість між переходами формоутворення виробів, неконтрольоване потоншення заготовок на радіусах заокруглення деформуючого інструменту, виявлення руйнування металів при холодній деформації та розвантаження металу після пластичної деформації. Розрахунковим шляхом визначаються силові режими штампування і робота деформації для вибору кувальсько-пресового обладнання, точний розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті для розрахунків на міцність, напружено-деформований стан по всьому об'єму здеформованих заготовок для прогнозування якості виробів. Показниками якості виробів після моделювання є кінцева геометрія їх, зміцнення та ступінь використання ресурсу пластичності здеформованого металу. Результати моделювання дали можливість удосконалити існуючі та розробити нові технологічні процеси холодного листового штампування виробів різної конфігурації та спроектувати штампове оснащення для використання технологій на виробництві.

УДК 539.3

А. Є. Бабенко, техн. наук, проф., О. О. Боронко, д-р техн. наук, проф.,
С. Л. Бойко канд. техн. Наук
НТУ України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛОЗАХИСНОГО ШАРУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ БАГАТОРАЗОВОГО ВИКОРИСТАННЯ

У процесі експлуатації літальні апарати багаторазового використання зазнають інтенсивних вібраційних навантажень. Унаслідок чого теплозахисний шар, який являє собою, як правило, пластинчато-просторові конструктивні елементи, руйнується, що може призвести до аварії літального апарата. Однією з причин руйнування теплозахисного шару, тобто відпадання теплозахисних пластинок є те, що вони працюють в умовах резонансу з вимушеними коливаннями корпусу літального апарату. У зв'язку з цим необхідно розв'язувати задачу про вимушені коливання конструктивних елементів теплозахисного шару. Ця задача може бути розв'язана методом головних координат (МГК), але для цього необхідно вирішити задачу вільних коливань теплозахисних елементів конструкцій, знайти власні частоти та відповідні їм власні форми коливань.

Аналітичні методи розв'язку цих задач є неефективними, тому необхідно використовувати чисельні методи. З огляду на це авторами був розроблений новий метод визначення власних частот та власних форм коливань елементів теплозахисного шару, який названо методом квазістатичних ітерацій. Розроблений метод квазістатичних ітерацій оснований на заміні розв'язання задачі на власні числа послідовністю розв'язання задач при статичних навантаженнях.

На основі запропонованого методу було розроблено алгоритми та пакети прикладних програм (ППП).

З огляду на те, що ППП побудовано за модульним принципом, це дозволяє вдосконалювати його структуру за допомогою сервісних програм, а також видозмінювати та додатково розробляти програми для нових задач.

ППП було налагоджено та удосконалено на великій кількості тестових та прикладних задач різної складності. Чисельні результати порівняно з результатами, отриманими аналітичними або іншими чисельними методами, а також із відповідними експериментальними даними. Похибка у визначенні власних частот не перевищувала 5%. На основі результатів було сформовано матрицю амплітудних коефіцієнтів і розв'язано задачу про вимушені коливання конструктивних елементів теплозахисного шару за МГК.

УДК 623.746: 629.7.083.003.13 (045)

Б.А. Ляшенко¹, д-р техн. наук, А.К. Скуратовський², канд. техн. наук,
О.В. Радько³, канд. техн. наук, Ю.П. Целіщев⁴, канд. техн. наук

1 - Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, Україна,
2 - Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

3 - Національна академія оборони України, м. Київ, Україна,

4 - Національна академія оборони України, м. Київ, Україна

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНОГО ГАЗОТЕРМОЦИКЛІЧНОГО ІОННОГО АЗОТУВАННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Исследовано влияние параметров технологического процесса импульсного газотермоциклического ионного азотирования на микротвёрдость и толщину ионноазотированного поверхностного слоя стали 30ХГСА. Показано, что за счёт изменения технологических параметров можно управлять характеристиками поверхностного слоя и, соответственно, эксплуатационными свойствами обработанных деталей.

The impulsive gasthermocyclic ionic nitriding technological process parameters influence on 30ХГСА steel ionnitriding superficial layer microhardness and thickness is explored. It is shown, that due to the change of technological parameters it is possible to handle characteristics of superficial layer and, accordingly, operating properties of the treated details.

В умовах постійного дефіциту енергоносіїв особливої актуальності набуло використання енергозберігаючих технологій поверхневого зміцнення. Однією з таких технологій є газотермоциклічне іонне азотування (ГТЦ ІА) у пульсуючому режимі, при якому завдяки раціональній організації процесу значно скорочуються час дифузійного насичення, витрати електроенергії, реакційних газів, покращуються якість обробки деталей з одночасним підвищенням їх експлуатаційних характеристик.

Проведені мікродюрметричні та мікроструктурні дослідження показали, що після зміцнення імпульсним ГТЦ ІА мікротвердість поверхневих шарів сталі 30ХГСА зростає до 10750 МПа (залежно від режиму іонноазотуючої обробки) та є у 2,5...3,0 рази більшою, ніж у просто термообробленій й у 1,5 рази більшою, ніж у сталі після традиційного газового азотування. Глибина дифузійної зони становить 90...305 мкм

Виявлено, що параметри імпульсного ГТЦ ІА мають значний вплив на мікротвердість та товщину дифузійного шару, а саме:

існують діапазони температури азотування та тиску реакційного газу, за яких мікротвердість іонноазотованих поверхневих шарів сягає своїх максимальних значень;

зі збільшенням часу дифузійного насичення мікротвердість поверхневого шару зменшується, причому більш інтенсивно – після 2 годин обробки;

додавання у реакційну суміш великої кількості аргону призводить до зниження мікротвердості поверхневого шару;

товщина дифузійного шару майже параболічно зростає зі збільшенням температури азотування, часу насичення та тиску реакційного газу.

Отже, за рахунок підбирання технологічних параметрів імпульсного ГТЦ ІА можна керувати процесом формування іонноазотованих шарів та створювати конструкційні елементи з наперед заданими властивостями.

УДК

О.В. Тимошенко¹, канд.техн.наук, О. А. Мохоцько², канд.фіз.-мат.наук
 1-НТУ України „Київський політехнічний інститут”, м.Київ, УКРАЇНА
 2-Національний університет України ім. Шевченка, Київ, Україна

РОЗРАХУНОК КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ПОШКОДЖУВАНOSTІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ.

Актуальною проблемою на сьогоднішній день є прогнозування ресурсу конструкції на стадії проектування та при технологічному і експлуатаційному навантаженні. Явище накопичення незворотних змін фізико-механічних властивостей при експлуатації в навантажених елементах конструкцій призводить до утворення мікротріщин, що в свою чергу приводить до зниження несучої здатності конструкції чинити опір експлуатаційним навантаженням.

На кафедрі ДММ та ОМ НТУУ «КПІ» був проведений комплекс експериментальних досліджень кінетики накопичення пошкоджуваності для сталей 45, 30ХГСА та 12Х18Н10Т, алюмінієвого сплаву Д16Т, титанового сплаву ВТ22 за допомогою вимірювання питомого електроопору, який безпосередньо враховує внутрішню деградацію матеріалу з визначенням порогового та критичного значень мікроруйнувань. В роботі за отриманими результатами та літературними даними для ряду металічних конструкційних матеріалів побудовані криві залежності $D_R = f(\varepsilon_{ir})$ для розтягування та кручення. Вони у першому наближенні носять лінійний характер. Експериментально встановлено, що граничне значення пошкоджень конструкційних матеріалів $D_R < 1$ та залежить від дії механізмів руйнування: відриву та зсуву.

За отриманими результатами оцінювати критичну пошкоджуваність матеріалу запропоновано математичним описом у вигляді деякої функції D_R , яка залежить від інтенсивності деформації ε_i^p та виду напруженого стану K .

Умовою отримання функції D являється її неперервність з фізичних міркувань, то по теоремі Вейерштрассе неперервна функція, яка задана на відрізку апроксимується поліномами. Згідно рівняння лінійної регресії критичне значення пошкоджуваності описується наступною залежністю

$$D_R = \varepsilon_i(a + b \cdot K + c \cdot K^2)$$

За оцінкою методів найменших квадратів та максимальної ймовірності параметрів регресії маємо визначення констант a , b , c .

Згідно залежності побудовано узагальнюючу поверхню, яка дозволяє визначати критичні значення пошкоджуваності від інтенсивності деформацій для металевих конструкційних матеріалів, яка враховує вид напруженого стану.

ДК 539.4

Коваль В.В., асп.

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ВПЛИВ ПОШКОДЖУВАНOSTІ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ НА НДС У ЗОНАХ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Використання аналітичних методів оцінки напружено-деформованого стану елементів конструкцій з конструктивними концентраторами напружень дає змогу визначити максимальні напруження та деформації у околі концентратора, що можуть бути використані для подальшого аналізу НДС, оцінки залишкового ресурсу у залежності від зовнішнього навантаження. Проте, на сьогодні для цих розрахунків використовуються експериментальні дані, що не враховують пошкоджуваність матеріалу. Розрахунки проводяться, як правило, за умовною або дійсною діаграмою напружень. Але, відомо, що кожен елемент конструкції вже на стадії вводу в експлуатацію містить мікропошкодження, що впливають на його механічні характеристики, а отже і на його міцність та довговічність. Урахування цього впливу на стадії розрахунків дає змогу більш точно визначати ресурс конструктивних елементів, а це, в свою чергу, дозволить зменшити матеріалозатрати на виготовлення елементів при збереженні коефіцієнта запасу міцності та дозволить по іншому вирішувати задачу подовження ресурсу.

Найбільш поширеним аналітичним методом визначення максимальних напружень та деформацій у зоні концентратора напружень є метод Махутова-Нейбера, у якому, на відміну від методу Нейбера, введена кореляційна функція, що враховує діаграму деформування матеріалу. Модернізація цього підходу, шляхом введення у розгляд пошкоджуваності, дозволяє уточнити розрахунки максимальних напружень та деформацій як для випадку статичного так і для циклічного навантаження.

Для визначення пошкоджуваності використовувалась модернізована модель Ж. Леметра, що враховує коефіцієнт Писаренка-Лебедева, яка дозволяє проводити розрахунки в умовах складного НДС. Параметр пошкоджуваності визначався як скаляр. Базовим експериментом для визначення коефіцієнтів моделі є випробування матеріалу на розтяг на спеціальному стенді УМЕ-10ТМ кафедри ДММ та ОМ НТУУ «КПІ». У якості досліджуваних матеріалів були використані Д16Т, 30ХГСА, ВТ 22 та 18Х12Н4ВА, за результатами експерименту були визначені ефективні діаграми деформування, що враховують пошкоджуваність, для кожного з них. Отримані діаграми використовувались для розрахунків елементів з концентраторами типу отвору та проточки з різними величинами теоретичного коефіцієнта концентрації напружень α_σ .

Отримані результати з модифікованим методом Махутова-Нейбера були порівняні з класичними, показано вплив пошкоджуваності та уточнення НДС у околі концентратора напружень.

УДК

А.П. Грабовський, канд.тех.наук, доц.
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ТЕНЗОР НАКОПИЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ В КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛАХ

Деформування матеріалу, спричинене температурно-силовими діями супроводжується глибокими змінами його структури у зв'язку з розпушуванням – утворення розривів у субмікро- та мікрооб'ємах, виділення нових фаз, утворення текстури, хімічні флуктуації і т.д. Незворотні зміни структури більшою чи меншою мірою відбуваються на різних стадіях деформування та приводять до визначеної пошкоджуваності матеріалу. Кінетичний аспект руйнування особливо яскраво виявляється в умовах довготривалого статичного або циклічного навантажень.

В останні роки багато уваги поділяється аналізу напруження в пошкодженому матеріалі. У простому випадку, ефективний тензор пошкоджень $M(D)$ перетворює тензор напружень Коші в тензор ефективних напружень. Узагальнюючи це поняття на випадок тривісного напруженого стану можна записати: $\tilde{\sigma}_{ij} = M_{ijkl}(D) : \sigma_{kl}$, де $\tilde{\sigma}_{ij}$ – ефективне напруження в матеріалі; σ_{kl} – істинні напруження в матеріалі в різних координатах; $M_{ijkl}(D)$ – ефективний тензор пошкоджень. Символ $:$ позначає тензорний добуток з підсумовуванням по двох повторювальних індексах.

В роботі отримано повний тензор пошкоджень – D_V для тривісного простору навантаження по зміні об'єму виділеного одиничного елемента матеріалу через головні D_1, D_2, D_3 складові пошкоджень і складові пошкоджень зміни форми – $D_{\sigma_1\tau_2}, D_{\sigma_1\tau_3}, D_{\sigma_2\tau_1}, D_{\sigma_2\tau_3}, D_{\sigma_3\tau_1}, D_{\sigma_3\tau_2}$ у вигляді:

$$D_V = (1 - D_V) \begin{pmatrix} \frac{D_{\sigma_1}}{1 - D_{\sigma_1}} & \frac{D_{\sigma_1\tau_2}}{1 - D_{\sigma_1\tau_2}} & \frac{D_{\sigma_1\tau_3}}{1 - D_{\sigma_1\tau_3}} \\ \frac{D_{\sigma_2\tau_1}}{1 - D_{\sigma_2\tau_1}} & \frac{D_{\sigma_2}}{1 - D_{\sigma_2}} & \frac{D_{\sigma_2\tau_3}}{1 - D_{\sigma_2\tau_3}} \\ \frac{D_{\sigma_3\tau_1}}{1 - D_{\sigma_3\tau_1}} & \frac{D_{\sigma_3\tau_2}}{1 - D_{\sigma_3\tau_2}} & \frac{D_{\sigma_3}}{1 - D_{\sigma_3}} \end{pmatrix}$$

За результатами розв'язку кубічного рівняння, яке зв'язує головні складові пошкоджень з пошкодженнями на будь-якій похилій площадці, що проходить через точку виділеного одиничного елемента підлягаючого термосиловому навантаженню. З тензора накопичення пошкоджень отримані перший – $I_1(D_V)$, другий – $I_2(D_V)$ і третій – $I_3(D_V)$ інваріанти. Приведена трансформація складових тензора пошкоджень через зниження модулів пружності E та G при напруженні

Запропоновані форми розрахунку пошкоджуваності із складових тензора для лінійного (розтягування – стиснення), кручення, та пропорційного навантажень. Приведені порівняльні дослідження пошкоджуваності через складові тензора за характеристиками зниження модулів E та G і показниками зміни питомого електричного опору в металевих конструкційних матеріалах (сплави Д16Т та 12Х18Н10Т) при пружнопластичному навантаженні.

УДК

Шидловський М.С., Маланчук О.В., Копчак А.В., Шпак Д.Ю.
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАНЬ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ЛЮДИНИ

Специфіка структури біологічних матеріалів та, зокрема, кісткових тканин (неоднорідність, анізотропія механічних властивостей, пористість, геометрія поверхневих шарів та багато інших факторів) потребує особливо обережно ставитися до вибору методик виготовлення зразків та вибору способів вимірювань механічних характеристик цих матеріалів.

Виготовлення зразків з кісткового матеріалу виконували так, щоб обробка поверхонь проводилася з мінімально можливими пошкодженнями. Застосовано два типи зразків правильної геометричної форми: тип I – зразок у вигляді прямокутного паралелепіпеда; тип II – зразок у вигляді циліндра.

Розміри біопрепаратів не дають можливості виготовляти такі відносно великі зразки, як, наприклад, стандартні зразки для випробувань гум або пластмас. Тому обмежувалися розмірами в декілька міліметрів по висоті, ширині та довжині (зразки типу I). Діаметр циліндричних зразків типу II складав приблизно 3 мм.

Зразки типу I. На першому етапі біопрепарати оброблялися на точильному верстаті для надання їм правильної геометричної форми. Решта оброблювальних робіт виконували за допомогою спеціально розробленого шліфувального пристрою. Уламки кістки вставляли у затискувач, регулюючи довжину виходу зразка за допомогою набору обмежувальних вставок, потім закріплювали за допомогою притискувальної пластини.

Затискувач закріплювали на механізмі переміщення, за допомогою якого можна достатньо точно регулювати хід зразка вздовж вертикальної осі під час обробки.

Непаралельність протилежних сторін зразка не перевищувала 0.01 мм на кожні 10 мм довжини поверхонь. Застосовували 3–4 послідовних операції шліфування. Поверхню зразків обстежували за допомогою оптичної системи катетометра В-630. Обстеження показує, що отримано достатньо гладкі та рівні поверхні. Аналогічні операції проводили з трьома іншими гранями зразка.

Зразки типу II. Зразки у формі циліндра вирізали за допомогою стоматологічного трепана з внутрішнім діаметром 3.0 мм; охолодження зразків здійснювали фізіологічним розчином. Торці зразків обробляли на зазначеному шліфувальному пристрої. Кожен виготовлений зразок фотографували та виміряли його лінійні розміри штангенциркулем з цифровою індикацією.

Для подальшого скорочення ідентифікації напрямків, у яких прикладали навантаження або вимірювали деформації, користувалися такими позначеннями:

напрямок 1 – це напрямок, найбільш наближений до орієнтації більшості остевів та трабекул кісткової тканини;

напрямок 2 - це напрямок, паралельний зовнішньої поверхні кістки та перпендикулярний до напрямку 1;

напрямок 3 - це напрямок, перпендикулярний до зовнішньої поверхні щелепи та перпендикулярний напрямкам 1 та 2.

Проведено дослідження зміни пружних властивостей кісткової тканини на ділянках, що складаються з різних типів кісткової речовини та містять перехідні зони або ділянки вираженої структурної неоднорідності.

Ці ділянки утворені з різних типів тканин, що мають різні механічні властивості. Ділянки, які складаються з одного типу тканини часто є невеликими за розміром, характеризуються складною просторовою конфігурацією, а їхню границю не завжди можливо точно визначити без застосування методів мікроскопічного дослідження. В зв'язку з цим виготовлення однорідних зразків на цих ділянках неможливе або значно ускладнено.

Для спрощення експериментальних робіт при визначенні пружних властивостей зазначених зон кісткових тканин використовували метод пошарового зрізу частин кісткової тканини зразка.

При достатньо малих товщинах зрізаних шарів можна вважати, що у межах цих шарів зміна пружних властивостей нехтовно мала.

Була проведена така послідовність випробувань: 1.Зразок з максимально можливою товщиною піддавали стиску та записували діаграму деформування. 2.Надалі зі зразка зрізали шар кісткової тканини. 3. Частину зразка, що залишилася після зрізання знову піддавали стиску та записували діаграму деформування.

Такі операції повторювали максимально можливу кількість разів. У процесі випробувань вимірювалися такі характеристики зразка: h - загальна товщина зразка до видалення шару I; h_L - товщина зрізаного (локального) шару I; h_S - товщина зразка II після видалення шару I; Δh - скорочення зразка товщиною h при навантаженні; Δh_S - скорочення зразка II товщиною h_S при навантаженні; Δh_L - скорочення шару товщиною h_L при навантаженні.

За записаними діаграмами деформування були визначені:

$E = (P/F) \cdot (h/\Delta h)$ - усереднений модуль пружності зразка до видалення шару I

$E_S = (P/F) \cdot (h_S/\Delta h_S)$ - усереднений модуль пружності зразка II після видалення шару I (тангенс кута нахилу лінійної ділянки діаграми деформування у координатах "напруження σ - відносна деформація ε_S "), де

$$\sigma = P/F; \quad \varepsilon = \Delta h/h; \quad \varepsilon_S = \Delta h_S/h_S;$$

P - стискне навантаження, прикладене до зразка;

F - площа поперечного перерізу зразка.

Оскільки загальна товщина зразка до видалення шару I $h = h_S + h_L$, то скорочення $\Delta h = \Delta h_S + \Delta h_L$.

Визначивши Δh та Δh_S через модулі пружності та враховуючи, що модуль пружності видаленого шару I $E_L = (P/F) \cdot (h_L/\Delta h_L)$, отримаємо кінцевий вираз для модуля пружності

$$E_L = E \cdot E_S \cdot \Delta h_L / (E_S \cdot h - E \cdot h_S).$$

УДК

М.С. Шидловський, О.А. Бур'янов, В.В. Котюк, О.В. Тимошенко
НТУ України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

РЕЗУЛЬТАТИ СТЕНДОВИХ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ СИСТЕМ АПАРАТ-КІСТКА ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ПАЛЬЦЕВИХ СУГЛОБІВ

Методика та якість вимірювання жорсткостей систем фіксації пошкоджень кісток суттєво впливає на обґрунтування способів хірургічного втручання та методів подальшого лікування травм. У цьому повідомленні надана методика проведення вимірювань жорсткості фалангових суглобів при їх взаємодії з апаратами фіксації, що використовуються для лікування травм пальців.

Для відтворення умов фізіологічного навантаження суглобів пальців анатомічні препарати розташовували в робочій частині універсальної випробувальної машини TIRATEST-2151.

Для визначення деформаційних характеристик систем, які були закріплені на суглобах з приєднаними тягами, верхню частину об'єктів випробування, прикріплювали до динамометра випробувальної машини, а нижню частину до рухомої траверси.

Далі проводили деформування зазначених систем зі швидкостями переміщення рухомої траверси випробувальної машини 10, 100, 250 та 500 мм/хв з одночасним записом діаграм деформування.

Жорсткість C (Н / мм) випробуваних об'єктів визначали за формулою

$$C = \Delta P / \Delta L.$$

Величина податливості (мм / Н)

$$\delta = 1 / C = \Delta L / \Delta P.$$

Для визначення деформаційних характеристик системи тяг, що використовували для випробування апаратів лікування, між тягами розміщували горизонтальні стрижні діаметрами 7 мм, які імітували об'єкт з нескінченною жорсткістю. Аналогічним способом визначали деформаційні характеристики системи тяг, що використовували для випробування апаратів з односторонньою фіксацією.

При дослідженні жорсткості проксимальних міжфалангових суглобів та п'ястково-фалангових суглобів пальців кисті через суміжні до суглоба кістки паралельно одна одній у фронтальній площині вводились спиці з медичної сталі ($d=2$ мм) на відстані 15 мм від суглобової щілини.

Для дослідження проксимального міжфалангового суглоба по одній спиці вводили у проксимальну та середню фаланги. Для дослідження п'ястково-фалангового суглоба по одній спиці вводили у п'ясткову кістку та в проксимальну фалангу. Для визначення деформаційних характеристик проксимальних міжфалангових суглобів верхню частину об'єкту випробування прикріплювали до динамометра випробувальної машини, а нижню частину до рухомої траверси. Аналогічним способом визначали деформаційні характеристики п'ястково-фалангових суглобів.

Проведено навантаження апаратів лікування суглобів пальців людини та одержані дані про характеристики жорсткості цих апаратів.

УДК

М.С. Шидловський, М.В. Полулях, Л.М. Юрійчук, Д.Ю. Шпак
НТУ України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ЖОРСТКОСТІ СИСТЕМ ФІКСАЦІЇ ПЕРЕЛОМІВ СТЕГНОВИХ КІСТОК ЛЮДИНИ

Ефективність лікування переломів є однією з найважливіших проблем у сучасній медицині і в травматології-ортопедії. Проводиться багато досліджень, в яких порівнюються різні способи фіксації, і часто публікуються суперечливі дані. Мета цієї роботи - визначити жорсткість фіксації при використанні традиційних методів фіксації: кутової пластини, фіксатора DHS та металоцементного остеосинтезу черезвертлюжного перелому стегнової кістки з тотальним ендопротезуванням; провести біомеханічне обґрунтування вибору методу фіксації нестабільного перелому вертлюжної ділянки стегна.

На кафедрі оперативної хірургії і топографічної анатомії Івано-Франківського національного медичного університету було заготовлено 18 трупних кісток людей старшого віку, очищених від м'яких тканин і фіксованих розчином формаліну. Матеріал було розподілено на 3 рівні групи по шість препаратів. На препаратах змодельовано нестабільні черезвертлюжні переломи. Препарати першої групи були фіксовані ніжкою ендопротеза на кістковому цементі і серкляжним дротом, препарати другої групи - фіксаторами DHS, препарати третьої групи - кутовими пластинами.

У лабораторії біомеханічних систем та композиційних матеріалів кафедри динаміки, міцності машин та опору матеріалів НТУУ "КПІ" було проведено стендові натурні випробування. Відтворювали умови фізіологічного навантаження на зламані та фіксовані стегнові кістки, а також визначали жорсткості фіксації переломів зазначених кісток за допомогою системи навантаження та вимірювання деформацій універсальної випробувальної машини системи TIRATEST. Переміщення окремих точок кісток та імплантатів вимірювали механічними індикаторами з точністю 0.01мм. Навантаження прикладали до головки стегнової кістки (або ендопротеза, що його замінює) перпендикулярно та вздовж біомеханічної осі стегнової кістки. Вимірювали деформації препаратів в трьох площинах. На основі проведених вимірювань були визначені сумарні та взаємні зміщення між фрагментами кісток при згині, а також деформації препаратів при компресійних навантаженнях вздовж осі кістки.

Встановлено, що середні показники деформаційних характеристик препаратів, що фіксовані ендопротезами, під дією згинальних навантажень відрізняються від аналогічних характеристик неушкодженої кістки не більше ніж у 2 рази. Деформація препаратів, фіксованих кутовими пластинами в 1,3 рази, а DHS - в 2,5 рази більша ніж деформація препаратів, фіксованих ендопротезом. Відповідно сумарне взаємне зміщення відламків при фіксації кутовою пластиною складає приблизно в п'ять разів, а при фіксації DHS - у вісім разів більше, ніж при фіксації ендопротезом. Жорсткість препаратів з системою фіксації в цілому і жорсткість фіксації відламків найвища і близька до параметрів неушкодженої кістки при металоцементному остеосинтезі з

ендопротезуванням. Якщо жорсткість фіксації відламків ендопротезом прийняти за 100%, то жорсткість при фіксації кутовою пластиною (КП) буде становити 26,6%, а жорсткість фіксації відламків фіксатором DHS 18%.

Одержані результати досліджень показали достатню високу жорсткість фіксації кутовими пластинами нестабільних черезвертлюжних переломів стегнової кістки і відносно низьку здатність цього виду фіксації витримувати осьові навантаження. Переломи, фіксовані DHS, хоча і витримують достатньо великі осьові навантаження, виявилися менш стійкими до згинальних навантажень ніж кутові пластини. Нестабільні черезвертлюжні переломи стегнової кістки, фіксовані серкляжним дротом, гвинтом і ніжкою ендопротеза на цементі, показали стійкість до навантаження, близьку до стійкості неушкодженої кістки.

Металоцементний остеосинтез вертлюжної ділянки з цементним ендопротезуванням кульового суглоба може бути альтернативою традиційному металоостеосинтезу для лікування через- та міжвертлюжних переломів у людей похилого віку.

УДК 623.451: 519.6

С.Ю. Милокост¹ студ.; О.А. Тищенко¹ інж.; Ю.М. Сидоренко¹., доц.,С.Д. Войтенко² інж.¹-НТУУ України "Київський політехнічний інститут", м.Київ, Україна²-Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних сил УкраїниДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ КОРПУСУ КОНТЕЙНЕРА
ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ САМОРОБНИХ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ

У зв'язку з ростом у світі кількості терористичних актів із застосуванням саморобних вибухових пристроїв (СВП) все більше уваги конструкторами різних країн приділяється розробці нових технічних засобів виявлення та знешкодження таких СВП.

Робота подібних пристроїв основана на принципі поглинання енергії вибухової речовини (ВР) СВП металевим корпусом контейнера знешкодження за рахунок його пластичної деформації.

Метою роботи було встановлення впливу геометричних параметрів конструкції та механічних характеристик матеріалу з якого планується виготовляти корпус контейнеру знешкодження СВП на процес його деформування. Слід додати, що однією з особливостей роботи контейнеру є те, що планується його використання на повітряних суднах, зокрема на літаку вітчизняного виробництва АН-148. Таким чином, одним з важливіших параметрів конструкції є мінімальне значення загальної маси пристрою, що дозволяє контейнеру працювати без руйнування.

Розглядалися варіанти корпусу контейнера у вигляді зрізаного товстостінного циліндра з внутрішнім діаметром 130 мм, товщиною стінки $t=20$ мм (рис.1).

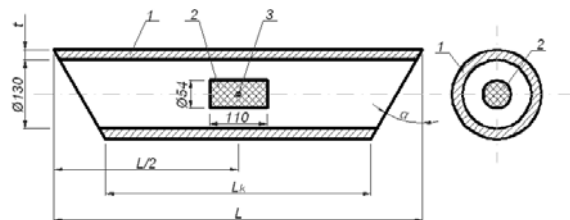


Рис. 1. Схема корпусу контейнера для знешкодження СВП:

1 – корпус, 2 – заряд вибухової речовини (ВР), 3 – точка ініціації ВР

Планується розміщувати контейнер у багажному відділенні поперек осі фюзеляжу та закріплювати нерухомо до силових конструкцій літака. Враховуючи те, що форма поперечного перерізу фюзеляжу кругла, то це впливає на геометричну форму торцевої частини корпусу пристрою (змінюється кут α). Після знаходження СВП на борту літака воно розміщується в середині контейнеру. При чому торці контейнера залишають відкритими або закриті легкими кришками, які зможуть забезпечити додаткове скидання надлишкового тиску продуктів детонації (ПД) в атмосферу за борт літака у випадку детонації СВП.

Визначення напружено-деформованого стану корпусу контейнера (1) проводилось шляхом комп'ютерного моделювання процесу його деформації під дією внутрішнього тиску ПД за допомогою програми ANSYS/LS-DYNA. Для опису руху деформованого середовища використовувався лагранжевий підхід (Lagrange Formulation). Поведінка матеріалу корпусу контейнера описувалось моделлю ідеального пружно-пластичного середовища. Стисливість заряду ВР (2) (тринітотолуол (ТНТ) вагою 400 г (рис.1)) та поведінка ПД описувалось рівнянням стану у формі JWL.

В якості оцінки працездатності конструкції (критерію міцності) був прийнятий критерій найбільших деформацій – $b_f \leq [b_f]$, де $b_f = b/b_0$ – максимальний відносний радіус розширення, b – поточний радіус розширення, b_0 – зовнішній початковий радіус циліндру, $[b_f]$ – допустиме значення відносного радіусу розширення (наприклад, для сталі – $[b_f]=1,6$; для міді $[b_f]=2,0$).

Одним з питань проведених досліджень було встановлення впливу зміни значення кута зрізу торцевої частини корпусу α на його НДС. Вочевидь, дану задачу необхідно розв'язувати у тривимірній постановці. Але спочатку були проведені розрахунки в менш складній двовимірній постановці (циліндрична симетрія) для спрощеної геометрії корпусу пристрою.

Були розглянуті наступні задачі по знаходженню максимального ступеню розширення корпусу при:

1. $L=700$ мм, $t=20$ мм, $\alpha=0^\circ$, матеріали – сталь середньовуглецева та мідь;
2. $L=700$ мм та різних значеннях товщини $t=20, 15, 10$ мм;
3. $t=20$ мм та різних значеннях довжини $L=200 \dots 700$ мм (матеріал - сталь).

При розв'язанні третьої задачі вважалось, що дана постановка еквівалентна впливу різних значень кута зрізу торцевої поверхні корпусу циліндру α на довжину його короткої твірної L_k (рис.1). За результатами розрахунків було встановлено, що:

1. обидва варіанти виготовлення корпусу (задача №1) задовольняють обраному критерію міцності. Усі варіанти конструкції можуть ще розширюватися на 30...35% до досягнення критичного стану – руйнування;
2. максимальна ступінь розширення корпусу контейнеру має варіант із зменшеною до 10 мм товщиною стінки виготовленого з сталі і складає 98% від максимально допустимого значення (задача №2). Крім того, даний варіант має найменше значення загальної маси корпусу – 24,2 кг;
3. розглянуті варіанти конструкції з зменшеною довжиною L (задача №3) зберігають сталі значення величини ступеню свого розширення до $L=400$ мм. Такий результат може бути пояснений тим, що торцеві райони корпусу знаходяться поза впливом зони деформування L^* , яка становить лише 160 мм;
4. Результати розрахунків проведених в двовимірній постановці дають змогу припустити, що кут зрізу α (рис. 1) не буде суттєво впливати на деформаційні характеристики корпусу, так як основна кількість значень довжин короткої сторони корпусу буде більше зони деформування ($L_k \geq L^*$). Відповідні розрахунки які були проведені у тривимірній постановці підтвердили це припущення.

УДК 539.43

С.М. Шукаєв, д-р.техн.наук, професор, О.П. Заховайко, канд.техн.наук, доц.,
М.М. Гладський, канд.техн.наук; К.В. Панасовський, м.наук.співр.;
В.Л. Павлюченко, магістрант
НТУ України "Київський політехнічний інститут", м.Київ, Україна

МАЛОЦИКЛОВА ВТОМА МЕТАЛЕВИХ СПЛАВІВ ЗА УМОВ НЕПРОПОРЦІЙНОГО ДВОВІСНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Відповідальні деталі машин та елементів конструкцій, таких як трубопроводи хімічного та енергетичного обладнання, сосуди високого тиску, елементи автомобільної, авіаційної і космічної техніки, потребують проведення розрахунку на малоциклову втому. При цьому необхідно одночасно враховувати кілька чинників, зокрема вид напруженого стану, непропорційність траєкторії деформування у циклі, асиметрію циклу деформування, нерегулярність навантажування.

У роботі проаналізовано експериментальні і теоретичні дослідження з малоциклової втоми, які спрямовані на вивчення закономірностей процесів деформування та руйнування металевих сплавів в умовах непропорційного двовісного навантажування. Для оцінки граничного стану в умовах непропорційного малоциклового навантажування за параметр руйнування було обрано розмах еквівалентної деформації, який визначався за наступною формулою:

$$\Delta \varepsilon_{NP} = (1 + \eta_{NP}) \cdot \Delta \varepsilon_{PL}, \quad (1)$$

де η – коефіцієнт чутливості матеріалу до непропорційності навантажування; f_{NP} – параметр непропорційності циклу деформування (за Іто–Сакане–Онамі–Сосі), який залежить тільки від геометрії траєкторії деформування; $\Delta \varepsilon_{PL}$ – розмах еквівалентної деформації типу Писаренка–Лебедева.

Розглянуто як симетричні, так і асиметричні траєкторії непропорційного деформування. Показано вплив на малоциклову втому металевих сплавів таких чинників як орієнтація траєкторії деформування, асиметрія циклу деформування, непропорційність траєкторії деформування у циклі.

Проведено розрахунки на довговічність досліджуваних матеріалів з використанням деформаційного параметру (1). Зроблено перевірку відповідності результатів розрахунків, результатам випробувань металевих сплавів різного типу на малоциклову втому в умовах непропорційного двовісного деформування. Проаналізовано границі застосування запропонованого підходу.

УДК 664.002.5; 664.02

Р. Д.Іскович-Лотоцький д-р.техн.наук, І. В.Севостьянов канд.техн.наук
Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), м.Вінниця, Україна

АНАЛІЗ СПОСОБІВ СЕПАРУВАННЯ ВОЛОГИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ

Разработана классификация известных методов, способов и оборудования для сепарирования влажных дисперсных материалов. Выполнен их сравнительный анализ и установлена высокая эффективность способа виброударного сепарирования на вибропрессовых установках с гидромпульсным приводом. Разработана схема поточного технологического комплекса для сепарирования влажных дисперсных материалов.

The categorization of the known methods, ways and equipment for separation of damp dispersible materials is designed. Their benchmark analysis is executed and high efficiency of the way vibro-blowing separation on vibro-pressing plants with a hydraulic-pulse drive is installed. The scheme of the production technological complex for the separation of damp dispersible materials is designed.

Останнім часом досить поширеними безвідходними технологіями є процеси сепарування вологих дисперсних матеріалів, в тому числі спиртової барди, пивної дробини, буякового жому, фруктової макухи, що є вторинними продуктами відповідних виробництв і які після видалення з них вологої фракції можуть ефективно застосовуватись в якості цінних добавок до сільськогосподарських кормів.

На даний момент відомі п'ять методів сепарування вологих дисперсних матеріалів: механічний, електричний, термічний, хімічний та біологічний, - кожен з яких може бути реалізований за допомогою того чи іншого способу та обладнання різних типів і видів.

Аналіз відомих механічних способів показав, що останні відрізняються порівняно низькою енергоємністю, але більшість з них не забезпечує достатньої продуктивності процесу сепарування та заданої кінцевої вологості продукту. Способи електросепарування через високу енергоємність та низьку продуктивність не можуть бути ефективно застосовані для потокового сепарування вторинних продуктів. Термічні способи відрізняються найбільшою енергоємністю і реалізуються тільки після попереднього сепарування вологих дисперсних матеріалів; обладнання для їх здійснення є великогабаритним та складним за конструкцією. Хімічні та біологічні способи доцільно застосовувати тільки у комбінації зі способами інших груп. Слід відзначити складність, багато стадійність і значну енергоємність процесів хімічного та біологічного сепарування; матеріалоемність та високу вартість, використовуваного для їх реалізації обладнання.

За основними показниками порівняння – продуктивністю, енергоємністю, забезпечуваною кінцевою вологістю продукту, матеріалоемністю та простотою конструкції обладнання, найбільш ефективним способом сепарування вологих дисперсних матеріалів є спосіб віброударного навантаження, що здійснюється на вібропресових установках з ГПП.

УДК 539.3

Я.І. Лавренко, асп.

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ДО ПИТАННЯ ПРО ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Одним із конструктивних елементів, який працює при змінних навантаженнях, є ротор, що обертається. В даній роботі в якості об'єкту розглядається ротор центрифуги.

При експлуатації подібних конструкцій до них висуваються вимоги, що за гарантований термін роботи повинна бути забезпечена безаварійність і безпечність. Ці вимоги забезпечується тим, що елементи конструкції, які обертаються, не повинні руйнуватись під час гарантованого строку служби і наявності протиаварійної оболонки.

В теперішній час існуючі методи не дозволяють визначити точно термін життєздатності конструкції, тому є необхідність використовувати протиаварійні оболонки, міцність яких і, відповідно, їх вага береться з великим запасом.

Метою роботи є підвищення точності прогнозування терміну експлуатації машини і, відповідно, більш точного вибору параметрів протиаварійної оболонки з метою полегшення їх ваги. Для того, щоб прогнозувати термін служби конструктивних елементів, необхідно більш точно визначити їх напружено-деформований стан і механічні властивості матеріалу конструкції.

В даній роботі в якості конструктивного елементу розглядалась чашка, яка монтується до ротору лабораторної центрифуги. Процес експлуатації показав, що руйнування чашок відбувається у місці монтування самої чашки до ротора, а також на великих обертах відривається дно чашки. Розв'язувалась пружна задача. Задача визначення НДС вирішувалась числовими методами. Для визначення напружено-деформованого стану використовувався широко розповсюджений програмний пакет Ansys.

Динамічна поведінка тіла, що обертається описана диференціальним рівнянням:

$$[M]\{\ddot{D}\} + [C]\{\dot{D}\} + [G]\{D\} + [K]\{D\} = \{F^{ext}\} + \{F^{nl}\}, \quad (1)$$

де $[K]$ - матриця жорсткості, $[C]$ - матриця демпфування, $[G]$ - гіроскопічна матриця, $[M]$ - матриця мас. Вектор $\{D\}$ складається з вузлових переміщень, вектор $\{F^{ext}\}$ з лінійних зовнішніх сил, а також $\{F^{nl}\}$ з нелінійних внутрішніх і зовнішніх сил.

Проведене чисельне моделювання з різними видами навантажень. Перш за все були визначенні максимальні напруження та деформації, які виникали у чашці під дією власної ваги чашки. Оскільки максимальна маса вантажу може досягати 0,8 кг, врахований максимальний тиск 8,89 МПа, який діє на дно чашки, а максимальна сила, яку створює вантаж під час обертання 37,2 кН.

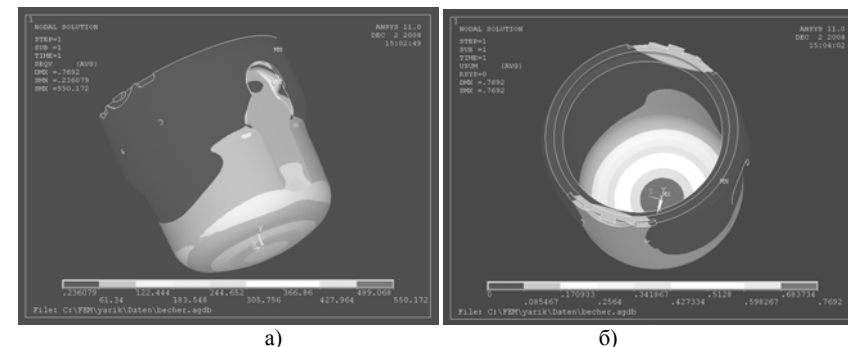


Рис. 1 Розподіл а) напружень та б) деформацій по конструкції чашки

Оскільки в реальних умовах маса у мензурках може бути різною, тому виникає розбалансування. Для наступного чисельного розрахунку приймали масу вантажу 25 кН, тоді тиск, який діє на дно чашки досягав 5,97 МПа.

Результати розрахунків за допомогою пакету Ansys наведені у табл.1 та на рис.1. Табл.1 Результати розрахунків за допомогою пакету Ansys

Nº	Force (N)	Stress (MPa)	Deformation (mm)
1	8,2	141,1	0,06
2	37211,3	550,2	0,77
3	25000	421,4	0,54

Для визначення механічних властивостей матеріалу було використане експериментальне обладнання MTS 810 Material Test System, Отто-фон-Геріке Університет, Магдебург.

З ефективної діаграми отримали значення $M = 0,0672$. Оскільки за розрахунками $\sigma_n = 116,18$ МПа, то теоретичним коефіцієнтом концентрації напружень $\alpha_\sigma = 4,74$.

Використовуючи формули (3) та (4), підраховуємо $K_\sigma = 3,926$ і $K_\epsilon = 5,217$.

В подальшому результати розрахунків використовувались для визначення ресурсу роторів при різних режимах навантаження.

Було враховано максимальне напруження в конструкції з врахуванням коефіцієнту концентрації інтенсивності напружень $K_\sigma = 3,926$: $\sigma_{max} = \sigma_{nom} \cdot K_\sigma = 456,12$ МПа.

Одержані дані є вихідними для експериментального визначення границі втоми.

УДК 551.58

П.А.Пономаренко, канд.техн.наук, М.А.Фролова

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, г.Севастополь, Украина

К ВОПРОСУ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО УГЛЕРОДА В СТРАТОСФЕРЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОСМИЧЕСКИХ НЕЙТРОНОВ

Радиоактивный нуклид углерода образуется главным образом при взаимодействии вторичных нейтронов тепловой энергии космического излучения с ядрами азота в верхних слоях атмосферы по реакции $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$. Роль других реакций :

$^{15}\text{N} (n, \alpha) ^{14}\text{C}$; $^{16}\text{O} (p, 3p) ^{14}\text{C}$; $^{17}\text{O} (n, \alpha) ^{14}\text{C}$; $^{13}\text{C} (n, \gamma) ^{14}\text{C}$ — в образовании углерода-14 незначительна из-за малых сечений взаимодействия и низкого содержания ядер этих изотопов в естественной смеси элементов. Помимо этого на скорость образования углерода-14 влияет факт неравномерности плотности потока тепловых нейтронов относительно геомагнитной широты и высота над уровнем моря.

Известно, что число нейтронов в минуту, возникающих в земной атмосфере, равно приблизительно 6×10^{20} нейтронов/мин, с ошибкой плюс-минус 25 процентов. Таким образом, каждую минуту на Земле возникает от $4,5 \times 10^{20}$ до $7,5 \times 10^{20}$ нейтронов. Принимая за достоверное большее значение, получим, что плотность потока тепловых нейтронов равна $2,5 \text{ н/}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ на широте от 0 до 10 градусов.

На широте 20 градусов, - берег Красного моря, северный берег Африки – плотность потока нейтронов равна $8 \text{ н/}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, на широте 50 градусов, - широта Парижа, Праги, Киева, Харькова, - в три раза больше $24 \text{ н/}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

Для решения поставленной задачи необходимо обозначить место образования космических нейтронов. Известно, что нейтроны возникают в атмосфере, в области стратосферы при прохождении первичных космических лучей через атмосферу. Суммарная масса воздуха, атмосферы, составляет $5,15 \cdot 10^{15}$ тонн, на долю стратосферы приходится около 20 % массы атмосферы, т.е. $1,03 \cdot 10^{15}$ тонн. Определив начальное число ядер азота 14 в стратосфере, можно вычислить скорость образования углерода-14 в зависимости от геомагнитной широты.

Составив физическую, математическую модель процесса и решив ее, получим, что при плотности потока нейтронов 1 (около 0 градусов) скорость образования ^{14}C равна $5,855 \cdot 10^{18}$ ядер/сек, при $\varphi=8$ скорость образования равна $4,684 \cdot 10^{19}$ ядер/сек, при $\varphi=23$ скорость образования равна $1,347 \cdot 10^{20}$ ядер/сек.

Результаты доказывают, что скорость образования радиоактивного углерода по реакции $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$ протекает неравномерно во всей стратосфере, а зависит от ряда параметров, главнейшим из которых является плотность потока тепловых нейтронов космического происхождения.

УДК 620.9.075

В.А.Высочин, канд.техн.наук, Н.В.Петроченко

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, г.Севастополь, Украина

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И ДОВОДКИ АВТОНОМНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Ветровая энергия, наряду с солнечной и водной энергиями, принадлежит к числу постоянно возобновляемых и, в этом смысле, вечных источников энергии, которые обязаны своим происхождением деятельности Солнца.

К достоинствам ветровой энергии, прежде всего, относят доступность, повсеместное распространение и практическую неисчерпаемость ресурсов.

Юг территории Украины принято относить к перспективным регионам с продолжительностью использования энергии ветра от 150 до 300 и дней в году.

Сравнительный анализ потребителей электрической энергии показывает, что основное количество потребителей автономных систем питания от ветроэлектрических установок - это предприятия, которые расположены в сельской местности.

Оценка возможного рынка этих потребителей варьирует в пределах 35 – 50 тысяч комплектов ветроэлектрических и других ветроэнергетических установок.

Потенциал ветровой энергии зависит от значений среднегодовой или средней за некоторый период скорости ветра и повторяемости различных скоростей ветра. Его оценивают количеством энергии, которую с помощью ветродвигателя можно получить в данной местности.

Мощность, снимаемая ветроколесом от ветрового потока, пропорциональна кубу скорости ветра, квадрату диаметра ветроколеса и коэффициенту использования энергии ветра. Последний может варьировать в широких пределах и определяется как конструктивными, так и технологическими факторами. Поэтому, даже относительно небольшие его изменения приводят к значительным колебаниям мощности, развиваемой ветродвигателем.

Для определения действительных значений коэффициента использования энергии ветра служит стенд для натурных приемосдаточных испытаний ветроэлектрических установок с установленной электрической мощностью 1 до 10 кВт.

Стенд представляет собой подвижную платформу, на которой установлен мультипликатор с присоединенным ветроколесом. Ветроколесо сочленяется с первичным валом мультипликатора торсионом, на котором установлен тензометрический измеритель крутящего момента и тахометр.

Стенд позволяет непрерывно измерять энерговыработку ветроэлектрической установки, коэффициент лобового сопротивления и сравнивать с располагаемой энергией ветра по результатам непрерывного анемометрического мониторинга.

По результатам натурных испытаний в изготовленные ветроэлектрические установки вносятся необходимые коррективы с целью обеспечения заявленных энергетических параметров.

УДК 621.039.56

И.А. Попов д-р.техн.наук, С.А. Качур канд.техн.наук
Севастопольский национальный университет ядерной энергии и
промышленности, г.Севастополь, Украина

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛЮ РЕАКТОРА ДЛЯ АТОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Вопросы обеспечения безопасности имеют первостепенное значение в условиях крупномасштабного развития ядерной энергетики, в частности развития атомного теплоснабжения, когда ядерный реактор предполагается размещать вблизи большого города.

Вероятность ошибочных действий оператора в стрессовых ситуациях при быстро происходящих опасных событиях весьма велика (по некоторым источникам оценивается величиной 0,2—0,3). Поэтому используется понятие так называемого “упускаемого времени”, в течение которого безопасность обеспечивается только за счет действия автоматических систем [1].

Основная проблема существующих автоматизированных систем контроля и управления ядерным реактором — недостаточная мощность моделирования и разрешающая способность (класс решаемых задач). Решение указанной проблемы возможно только в результате применения интеллектуальных систем управления, базирующихся на нейрореподобных сетях либо сетях Петри (СП). Одно из преимуществ СП заключается в возможности имитации поведения сложных систем различного назначения, начиная от технических систем и социальных институтов и заканчивая человеческим мозгом.

Анализ способов диагностики состояния реактора и перечня ошибок операторов АЭУ, приводящих к авариям, позволил определить следующие пути модификации существующих СВРК: 1) прогнозирование внутриреакторных аномалий; 2) прогнозирование состояния реактора в зависимости от возможных действий оператора АЭУ в режиме ручного управления и выдача своевременных рекомендаций; 3) передача функций оператора системам искусственного интеллекта.

Комплексное решение перечисленных задач заключается в построении адаптивной оптимальной системы автоматического управления на основе нейрокомпьютера (устройства управления) с прогнозирующей моделью объекта (реактора). Реализацию АОСАУ предлагается производить на базе расширения СП [2].

Библиографический список

1. Бахметьев А.М. Методы оценки и обеспечения безопасности ЯЭУ/ А.М. Бахметьев, О.Б. Самойлов, Г.Б. Усынов — М.: Энергоиздат, 1988. — 136с.
2. Качур С.А. Модель стохастических систем и их соединений на основе сетей Петри/ С.А. Качур // Проблемы управления и информатики. —2002. —№1. — С.93-98.

УДК 539.1.074

Д.В. Моисеев
Севастопольский национальный университет ядерной энергии и
промышленности, г.Севастополь, Украина

ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ СПЕКТРОМЕТР ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

Существующие на данный момент широкодиапазонные спектрометры обладают высокой погрешностью, основной вклад в которую вносит энергетическая зависимость чувствительности (ЭЗЧ) первичных измерительных преобразователей.

Основная погрешность средства измерения, определяемая для “образцовой” энергии, составляет величину порядка 20 %, а дополнительная погрешность за счет ЭЗЧ для определенных условий может достигать величины 1500 %.

Попытки компенсации этой погрешности, описанные в целом ряде работ, позволяют повысить точность измерений лишь в достаточно узком энергетическом диапазоне.

Известен метод автокомпенсации, позволяющий принципиально расширить диапазон энергий измеряемых сигналов. Однако сложность его аппаратной реализации и невозможность перестройки алгоритма работы спектрометра серьезно ограничивает возможности его применения в дозиметрии.

Для расширения диапазона измерений с одновременным повышением точности предлагается применить автокомпенсацию ЭЗЧ во всем энергетическом диапазоне измерений.

В состав схемы входят: аналоговая схема сравнения (СхС), генератор тактовых импульсов (ГТИ), L вычитающих счетчиков с параллельным занесением информации, L логических элементов «ИЛИ», L логических элементов выполняющих суммирование по модулю 2, L счётных T- триггеров, L схем «И» на два входа, L Rг- регистров памяти, хранящих поправочные коэффициенты в цифровом позиционном коде, L+1 двоичных накопительных счетчиков результатов измерений, где L – число поддиапазонов измерения.

После подачи на схему электропитания и программирования блока L регистров памяти можно начинать измерения. Ионизирующее излучение, взаимодействуя с веществом детектора, вызывает в нём сцинтилляции, по интенсивности пропорциональные энергии ионизирующих частиц. За счет оптической связи сцинтилляций с катодом ФЭУ, на последнем формируются электрические импульсы, амплитуда которых пропорциональна интенсивности отдельных сцинтилляций, т.е. энергии ионизирующих частиц. Эти импульсы с выхода ФЭУ усиливаются предусилителем, и передаются на вход амплитудного селектора.

После окончания измерений на параллельных выходах счётчиков-интеграторов $S_1 - S_L$, соответствующих каждому поддиапазону измерений будет находиться энергетический спектр измеряемого сигнала, а на выходе счётчика-интегратора S_{L+1} - его экспозиционная доза.

УДК.621.039.51:681.7.08

В.В. Никишин

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, г.Севастополь, Украина

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПАРОСОДЕРЖАНИЯ

В Севастопольском национальном университете ядерной энергии и промышленности на кафедре теории методов получения и обработки метрологической информации введён в действие теплофизический стенд (ТФС). Стенд представляет собой имитацию участка активной зоны ядерного реактора как кипящего так и не кипящего типов. Циркуляция теплоносителя может быть как естественной, так и принудительной с помощью насоса. Для нагрева внутри рабочего участка установлен нагревательный элемент.

ТФС позволяет исследовать процессы кипения, парообразования и движение многофазных потоков внутри таких устройств как:

- активные зоны ядерных реакторов;
- паровые котлы;
- установки для обработки нефтепродуктов.

В настоящее время некоторые вопросы измерения паросодержания внутри активной зоны ядерного реактора малоисследованы, в частности измерение объёмного паросодержания в первом контуре в реакторах типа ВВЭР.

На базе указанного ТФС разрабатывается оптический метод для измерения паросодержания. Конструктивной особенностью стенда являются смотровые отверстия для непосредственного наблюдения процессов, происходящих внутри рабочего участка. Для получения количественной информации о содержании пара служит информационно-измерительная система (ИИС). Основным элементом ИИС является видеокамера, с помощью которой получают изображение потока с образовавшимися пузырьками пара. Кадры обрабатываются программным методом с помощью компьютера. Обработанные изображения используют для получения количественной информации о паросодержании.

С помощью ТФС и указанной информационно-измерительной системы будут решаться следующие задачи:

- разработка оптического метода для измерения паросодержания;
- определение метрологических характеристик и метрологической надёжности указанной ИИС.

Полученные результаты могут быть использованы для создания математической модели процесса парообразования. Результаты исследований на ТФС представляют интерес для атомных электростанций, т.к. паросодержание оказывает влияние на изменение реактивности, что в свою очередь определяет безопасный режим работы всей станции в целом.

УДК.628.1.034.2.

Ю.А. Омельчук, к.х.н, Н.Д. Гомеля, д.т.н., Е.В. Рудковская

Севастопольский НУ ядерной энергии и промышленности, г.Севастополь, Украина

СТАБИЛИЗАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Украина относится к государствам с ограниченными водными ресурсами. При этом большая часть природной воды используется в промышленности и энергетике, которые уверенно в последние годы занимают первое место, как по забору воды, так и по сбору сточных вод. Около 80% воды в энергетике и промышленности используются в водооборотных системах охлаждения. При успешном решении проблем стабилизационной обработки воды решаются задачи перехода к замкнутым системам охлаждения, защиты трубопроводов теплообменников от коррозии и накипеобразования, ресурсосбережения и рационального использования воды.

Поэтому в данной работе рассмотрено реагентное умягчение воды, а также ингибиторы коррозии металлов и накипеобразования для водооборотных систем АЭС.

При подготовке энергетической воды для АЭС и для каких-либо других электростанций на первом этапе используют реагентное умягчение воды. Поэтому в данной работе были изучены процессы реагентного умягчения воды при обработке ее известью, содой, щелочью с использованием алюмината натрия и фосфата натрия, определены условия повышения эффективности умягчения воды и интенсивности ее осветления. Алюминат натрия в сравнении с фосфатом натрия обеспечивает более глубокое умягчение воды.

Второй рассматриваемой проблемой в данной работе является изучение ингибиторов коррозии металлов и накипеобразования для водооборотных систем АЭС. При коррозии трубопроводов теплообменников, конденсаторов и других установок систем охлаждения АЭС происходит не только их разрушение, но и загрязнение воды ионами металлов.

В данной работе была проведена оценка стабилизаторов накипеобразования в Севастопольской водопроводной воде. Как ингибиторы накипеобразования изучены оксизетилен-дифосфоновая кислота (ОЭДФК), триполифосфат натрия (ТПФ), гипан, гексаметафосфат натрия, нитриметилфосфоновая кислота (НТМФК).

Было показано, что наиболее эффективными стабилизаторами накипеобразования в Севастопольской водопроводной воде являются ОЭДФК, НТМФК, которые обеспечивают стабилизационный эффект на уровне 45-100%, при нагревании воды при $t = 99$ °С в течение 6 часов. Данные вещества исследовали как ингибиторы коррозии в данной воде стали, нержавеющей стали, меди, латуни. Было показано, что большинство из ингибиторов мало эффективны в Севастопольской водопроводной воде.

Таким образом, были рассмотрены основы обработки воды в системах водопользования для обеспечения ресурсосбережения в промышленном водопользовании. Рассмотрены методы и технологии реагентного умягчения воды, ингибиторов коррозии металлов и накипеобразования для водооборотных систем АЭС.

УДК 504.064.3,4;519.688

Н.И. Ковалев, к.т.н., С.В. Солдатов, Белявский Г.А., д.г.-м.н.
Севастопольский национальный университет ядерной энергии и
промышленности,
НИИ коллоидной химии и химии воды им. Думанского НАН Украины.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА «ПОИСК» ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ И РАЙОНИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

Рассматривается опыт комплексного применения дистанционного геооло-графического комплекса зондирования земли «Поиск» и результатов обработки детальных аэрокосмических фотоснимков для обнаружения и дистанционной идентификации, находящихся под слоем грунта объектов, представляющий техногенную экологическую опасность, а также для районирования подводных загрязненных грунтов. В основу технологии взят способ дистанционной идентификации различных веществ по измерению характерного распознавательного признака - высокочастотного резонансного информационно - энергетического спектра атомов различных металлов, органических и неорганических веществ. Способ реализуется с помощью приемопередающей резонансной и лазерной аппаратуры комплекса «Поиск». Данные спектры записываются с помощью установки ЯМР и атомно-абсорбционного спектрофотометра на полиметаллоорганические носители (матрицы), которые активируются с помощью высокочастотного гама-излучения на исследовательском ядерном реакторе ИР-100. С матриц резонансные частотные спектры модулируются генераторами СВЧ-излучения и направляются узконаправленными антеннами на искомый объект.

При возникновении резонансных явлений в материале объекта над ним образуется характерное магнитное поле, которое регистрируется приборами-приёмниками, настроенными на резонансную частоту этого поля.

Вероятность избирательной дистанционной идентификации различных объектов и полезных ископаемых на глубинах до 5 км (под землёй и под водой):

- нефти и ГСМ - >95%,
- природного газа - 94-95 %,
- газового конденсата - > 90%, полиметаллических руд (кроме цветных и платиновой группы) - 85-90%.
- сложных органических токсических соединений и взрывчатых веществ - >85%.
- сплавов и металлических материалов - 95-98%.

Чувствительность комплекса при дистанционной идентификации скоплений под землёй различных органических (неорганических) веществ и токсичных металлов и радиоактивных руд – 1-1,5 г вещества на 1 тонну грунта.

В течение 2004 - 2007 годов получены положительные результаты по использованию дистанционного геоолографического комплекса «Поиск» для обнаружения и дистанционной идентификации различных затопленных объектов с остатками ГСМ и ВВ, а также для поиска затопленных контейнеров с боевыми ОВ, находящимися под слоем грунта до 6 м. аппаратура комплекса и технология предлагается для проведения дистанционного экологического мониторинга и установления границ участков донного грунта, загрязненного токсичными веществами в прибрежных акваториях Черного и Азовского морей.

УДК.539.173.84

П.А. Пономаренко к.т.н., В.А. Тяпкина
Севастопольский национальный университет ядерной энергии и
промышленности, г.Севастополь, Украина

К ВОПРОСУ ОСНОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО СПЕКТРА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Исключительно важное значение для оценки работы самого реактора и для его эксплуатации имеет получение точных сведений о потоках и спектрах быстрых нейтронов.

Быстрые нейтроны, как наиболее проникающие, являются обычно основным фактором, определяющим размеры радиационной защиты реактора, кроме того, они обладают повышенной способностью к созданию радиационных повреждений в металлах и других материалах.

Один из основных экспериментальных методов оценки потоков и спектров нейтронов в реакторе – метод пороговых детекторов основанный на активационных исследованиях.

Активационные исследования спектров нейтронов используют связь между наведенной активностью детекторов, которая может быть измерена, и плотностью потока нейтронов. В качестве пороговых детекторов используют изотопы, имеющие сечение активации с резко выраженным энергетическим порогом.

Сущность задачи восстановления спектра нейтронов $\varphi(E)$ заключается в решении уравнения Фредгольма I-го рода. Существует множество решений удовлетворяющих данному уравнению, и для получения физически обоснованных результатов требуются определенные допущения [1].

Исходя из того, что различные материалы избирательно реагируют на облучение нейтронами с различной энергией и, предположив, постоянство активационного интеграла для данных материалов вводятся понятия пороговой энергии и эффективного сечения реакции. Сечение активации порогового детектора над порогом меняется сравнительно медленно, поэтому его можно аппроксимировать ступенчатой функцией, положив сечение i -ой пороговой реакции ниже некоторой пороговой энергии $E_{пор}^i$ равным нулю, а при больших энергиях – постоянным и равным $\sigma_{эф}^i$.

Таким образом, используя различные материалы, при соблюдении определенных требований и условий, можно найти значения интегральных потоков для этих материалов и построить график зависимостей интегральных потоков нейтронов от энергии. Применяя математический аппарат обработки, представляется возможным восстановить динамический спектр быстрых нейтронов в реакторе нейтронов.

Библиографический список

1. Метрология нейтронных измерений на ядерно-физических установках (рекомендуемые справочные данные и методики измерений) Материалы I Всесоюзной школы. Т. 1 и 2. Под ред. Р.Д. Васильева. М., ЦНИИатоминформ, 1976. – 253 с.

УДК 621.226

М.А. Новік, к.т.н., доц., В.Б. Струтинський, д.т.н., професор, О.Я. Юрчишин, к.т.н.
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНИЙ ГЕНЕРАТОР КОЛИВАНЬ НАДНИЗЬКИХ ЧАСТОТ ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ НАФТО- ТА ГАЗОНОСНИХ СВЕРДЛОВИН

Статья посвящена актуальной проблеме исследования и создания пневмогидравлического генератора импульсных колебаний для нефто(водо)- и газоносных скважин. Рассмотрена возможность создания генератора с заданной частотой и амплитудой колебания для скважин различной глубины. Приведены аналитические зависимости для расчета основных статических и динамических характеристик пневмогидравлического импульсного генератора колебаний.

The article is devoted the issue of the day of research and creation of pnevmogidravlicheskiy generator of impulsive vibrations for oil (water) - and gas-bearing mining holes. Possibility of creation of generator is considered with the set frequency and amplitude of oscillation for the mining holes of different depth. Analytical dependences are resulted for the calculation of basic static and dynamic descriptions of pnevmogidravlicheskiy pulser of vibrations.

В наш час на Україні є дуже багато нафтоносних і газоносних свердловин, дебет яких дуже малий, такі свердловини нерентабельні і їх вилучають із технологічного циклу видобування. По прогнозах геологів зменшення дебету свердловин обумовлюється зарощуванням газоносних (нафтоносних) пор. Для очищення пор застосовують різноманітні способи: хімічні, електрогідравлічні та вібраційні. На кафедрі «Конструювання верстатів та машин» КПІ розроблений оригінальний генератор наднизьких частот. Проведені польові дослідження показали його ефективність. Генератор коливань має невелику вагу (до 300 кг). Процес його монтажу і приєднання до свердловини не перевищує 1,5-2 годин. В якості джерела енергії використовується автомобільний компресор тиском до 15 МПа. Частота, амплітуда коливань і робочий тиск задається блоком програмного керування. Генератор надійний в роботі, простий в обслуговуванні і може використовуватись для стимуляції нафтових, газових та водяних свердловин.

УДК 62.85

М.А.Новік,к.т.н., доцент; Ю.М. Кучерук, студ.; Д. П.Ковальчук, студ.
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.

БАГАТОПОЗИЦІЙНІ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНІ ТА ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНІ ПРИВОДИ З КОМБІНОВАНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ

В статье рассмотрены перспективные конструкции электропневматических, электрогидравлических и пневмогидравлических многопозиционных приводов с комбинированной системой управления. Рассмотрена возможность модульной компоновки таких приводов. Предложена кинематическая модель и алгоритм расчета основных статических и динамических характеристик многопозиционных приводов с комбинированною системой управления.

The perspective constructions of electropneumatic, electrohydraulic and pnevmogidravlic much position drives with the combined control system are considered in the article. Possibility of module arrangement of such drives is considered. A kinematics model and algorithm of calculation of basic static and dynamic descriptions of much position drives is offered with the combined control system

В наш час в якості виконавчих пристроїв металорізальних верстатів та промислових роботів застосовуються багатопозиційні електричні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані приводи. Керування такими приводами здійснюється в основному або в унітарному, або в паралельному двійковому коді. При керуванні приводом, наприклад електричним, в унітарному коді кількість відпрацьованих імпульсів визначає позицію вихідної ланки, а частота слідування керуючих імпульсів визначає швидкість руху вихідної ланки. Такі приводи характеризуються невисокою швидкодією і малою дискретністю. Приводи, які перетворюють інформацію двійкового коду в поступальне або обертальне переміщення вихідної ланки характеризуються високою швидкодією і значною дискретністю. Величина дискретності таких приводів визначається переміщенням поршня або об'ємом гідравлічного дозатора молодшого розряду.

Поєднання переваг приводів з унітарним кодом керування і двійковим паралельним кодом дає можливість створювати швидкодіючі малогабаритні багатопозиційні електропневматичні та електрогідравлічні приводи з малою дискретністю позиціонування і значною величиною переміщення (до 1000 мм і більше) вихідної ланки. Проведені дослідження показали, що вони забезпечують дискретність в межах 0,001...0,01 мм і швидкість переміщення вихідної ланки (штока) до 1 м/с і більше. При чому такі електрогідравлічні багатопозиційні приводи можуть забезпечувати зусилля до 4000 Н і більше. Зазначені переваги комбінованих приводів з різними системами керування відкривають можливість створення як виконавчих пристроїв металорізальних верстатів, так і виконавчих пристроїв промислових роботів.

В роботі розглянуті електропневматичний і електрогідравлічний багатопозиційні приводи з комбінованою системою керування.

Приведені аналітичні залежності для визначення основних параметрів багатопозиційних електропневматичних і електрогідравлічних приводів з комбінованою системою керування.

М.А. Новік, к.т.н., доцент, Ю.М. Кузнецов, д.т.н., професор, В.В. Музиченко, студ.
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ЗАТИСКНИХ МЕХАНІЗМІВ ІЗ САМОГАЛЬМУЮЧИМИ ЗАТИСКНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Статья посвящена актуальной проблеме создания и исследования гидромеханических зажимных механизмов для высокоскоростной обработки на металлорежущих и деревообрабатывающих станках. Рассмотрены способы уменьшения радиальных габаритных размеров и увеличение силы зажима самотормозящих гидромеханических зажимных механизмов. Предложены аналитические зависимости расчета основных параметров гидромеханических зажимных механизмов.

This article is devoted to the actual issue of the of creation and research of hydromechanical clamping mechanisms for high-speed treatment on metal-cutting and woodworking machine-tools. Here is considered the methods of decreasing of radial overall sizes and increase of clamp force of selfbraking hydromechanical clamping mechanisms. It is offered the analytical dependence of calculation of basic parameters of hydromechanical clamping mechanisms.

Проведений аналіз надшвидкісних гідромеханічних затискних механізмів показав, що в якості затискного елемента у них використовуються пружні тонкостінні втулки різноманітних профілів з циліндричним отвором під інструмент або заготовку. Такі затискні пристрої нескладні за конструкцією, мають невеликі габаритні розміри, регулюється в широкому діапазоні сила затиску інструмента (заготовки) за рахунок тиску живлення, що підводиться до робочих камер затиску-розтиску. Використання в якості затискних елементів тонкостінних пружних втулок вимагає для здійснення надійного затиску інструмента (заготовки) значного тиску живлення, що підводиться до камер затиску-розтиску (до 80 МПа і більше). Застосування такого тиску обумовлює розробку спеціального гідравлічного пристрою (мультиплікатора), та елементів сполучення між мультиплікатором і затискним механізмом.

В роботі розглянуті конструкції гідромеханічних затискних механізмів, які оснащені додатковою герметичною камерою, виконаною між спряженими конічними поверхнями рухомої і затискної втулки. Проведені дослідження затискних механізмів з додатковими камерами показали, що у таких механізмів можна значно понизити тиск живлення, що подається в робочі камери, із збереженням значного зусилля затиску інструмента (заготовки).

Приведені аналітичні залежності, які дають можливість розрахувати статичні та динамічні характеристики самогальмуючих гідромеханічних затискних механізмів з додатковими гідравлічними камерами, розміщеними між камерами затиску і розтиску.

В.М. Турик к.т.н., доцент

НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

ПРО ВЗАЄМНУ СПРИЙНЯТЛИВІСТЬ ВИХРОВИХ СТРУКТУР І КЕРУВАННЯ НИМИ

У попередніх наших роботах, присвячених дослідженню вторинних течій у вихрових камерах (ВК), були вперше виявлені складні, витягнуті в поздовжньому напрямку об'ємні й пристінні велико- і дрібномасштабні когерентні вихрові структури (КВС), що взаємодіють одна з одною. КВС мають свої просторові обриси, місце розташування у ВК і динаміку поведінки. Вони вносять істотні збурення у потік, що призводить до значного ускладнення поля швидкостей і, як наслідок, до аномалій тепломасообміну у ВК.

Метою даних досліджень є одержання експериментального підтвердження можливості тонкого керування КВС на основі запропонованого принципу взаємної сприйнятливості вихрових структур. Ідея дослідження полягає у внесенні різних, енергетично маловитратних вихрових збурень у сопло ВК і дослідження реакції відгуку у вигляді зміни кінематичних і енергетичних характеристик пристінної течії повітря у двох фіксованих точках ВК, порівнянні значень осереднених за часом колових швидкостей, частотних спектрів пульсацій швидкості між собою, а також просторово-частотного розподілу енергії пульсаційного руху при наявності й відсутності зовнішніх вихрових збурень.

Запропоновано методологію експериментального дослідження КВС і їхніх особливостей в обмежених закручених потоках на основі комплексного застосування візуалізації, термоанемометрії течії, а також дисперсійного й спектрального аналізу даних при цифровій КІХ-обробці сигналів. Відповідно до принципу взаємної сприйнятливості вихрових структур розроблена концепція ефективного керування великомасштабними КВС, що у найбільшій мері визначають процеси переносу транспортальних субстанцій. Отримано позитивні результати експериментальної апробації методики вибіркої дії на розподіл пульсаційної енергії вихорів різних масштабів як складових елементів найбільш енергонесучого когерентного утворення у ВК.

Запропонований аналіз закономірностей перерозподілу енергії при такому способі керування дозволив виявити явище від'ємної вихрової в'язкості - передачі кінетичної енергії пульсацій від вихорів турбулентної й детермінованої природи уверх по спектру до великих вихорів і далі — до середньої течії. Це відкриває можливості постановки й практичного рішення завдань оптимального керування гідромеханічними процесами. При прийнятих співвідношеннях геометричних параметрів ВК і вихрогенераторів керування вихорами від прямокутної канавки в соплі є доцільним для значної інтенсифікації процесів переносу у ВК. Вихори від лунок у соплі — навпаки: сприяють перерозподілу енергії пульсаційного руху усередині великомасштабної КВС у напрямку більш дрібних вихорів.

Сформульовано напрямки подальших досліджень тонкої структури енергетичної взаємодії вихрових складових переносної енергонесучої течії в обмежених закручених потоках для оптимізації керування ними.

УДК 621.86 (075.8)

С.В.Бондарев, к.т.н., Ю.П.Горбатенко

НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ПЕРІОДІВ ПУСКУ І ГАЛЬМУВАННЯ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІЙ СИСТЕМІ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІФТА З КАНАТОВЕДУЧИМ ШКІВОМ

Розрахункова динамічна модель ліфта при відсутності буксування канатоведучого шківа відносно підйомних канатів має вигляд трьохмасової крутильної пружно-демпфрованої системи, зведеної до вала двигуна (рис. 1)

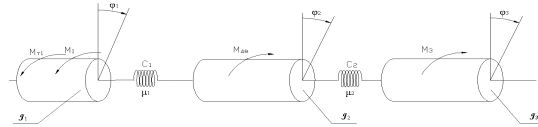


Рис. 1. Розрахункова динамічна система

Параметри системи:

I_1, I_2, I_3 – зведені до вала двигуна моменти інерції кабіни з вантажем, лебідки та противаги; C_1, C_2 – жорсткості канатів підвіски кабіни та канатів і пружин підвіски противаги, зведені до крутильних на валу двигуна; μ_1, μ_2 – коефіцієнти демпфування коливань у підвісках кабіни і противаги; M_{oe} – момент двигуна; M_1, M_{T1}, M_3 – зведені до вала двигуна моменти сил тяжіння кабіни з вантажем, сил тертя кабіни з вантажем об напрямні та сили тяжіння противаги; φ_2 – узагальнена координата двигуна; φ_1, φ_3 – переміщення кабіни і противаги зведені до крутильних.

Рівняння руху системи:

$$\begin{aligned}\ddot{\varphi}_1 &= (C_1\varphi_2 - C_1\varphi_1 + \mu_1\dot{\varphi}_2 - \mu_1\dot{\varphi}_1 - M_1 - M_{T1})/I_1; \\ \ddot{\varphi}_2 &= (C_1\varphi_1 - C_1\varphi_2 - C_2\varphi_2 + C_2\varphi_3 + \mu_1\dot{\varphi}_1 - \mu_1\dot{\varphi}_2 - \mu_2\dot{\varphi}_2 + \mu_2\dot{\varphi}_3 + M_{oe})/I_2; \\ \ddot{\varphi}_3 &= (C_2\varphi_2 - C_2\varphi_3 + \mu_2\dot{\varphi}_2 - \mu_2\dot{\varphi}_3 + M_3)/I_3.\end{aligned}\quad (1)$$

Ліфт приводиться в рух двошвидкісним електродвигуном з короткозамкненим ротором 4АМН160S6/18НЛБУЗ, $P_0 = 3/1$ кВт, $n_s = 1000/333$ об/хв.

Рівняння характеристик двигуна:

$$\text{№1 } M_{oe} = 1.0315(104,7 - \varphi_2) / [0,25 + (1 - \varphi_2/104,7)^2], (2)$$

$$\text{№2 } M_{oe} = 6.1(34,87 - \varphi_2) / [0,97 + (1 - \varphi_2/34,87)^2], (3)$$

Інтегрування системи рівнянь (1) спільно з рівняннями (2) або (3) виконується, відповідно, при аналізі періодів пуску та генераторного гальмування приводу; при аналізі періоду механічного гальмування рівняння (2) і (3) не використовуються, момент двигуна M_{oe} в другому рівнянні системи 1 замінюється моментом M_{T1} , який створює гальмо.

Одержані результати розрахунків дозволяють проаналізувати стан системи ліфта в перехідні періоди руху, розробити комплекс заходів по керуванню приводом, спрямованих на забезпечення точності позиціонування та плавності руху кабіни.

УДК 539.4

А.С.Цыбенко, Н.Г.Кришук, И.П.Дуравкин

НТУ Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВЕРПАРКОВОГО ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ГЛАВНЫХ ПАРОПРОВОДОВ ТЭС

Прогнозирование остаточного ресурса оборудования ТЭС со сроком эксплуатации, превышающим парковый период службы, представляет собой многофакторную задачу определения предельно допустимого состояния предразрушения. В настоящее время не установлены физически обоснованные критерии предельно допустимого состояния главных паропроводов ТЭС, которые эксплуатируются в условиях высокотемпературной ползучести металла свыше 200 тысяч часов, а также методы оценки остаточного ресурса с необходимой для прогнозирования их работоспособности достоверностью.

В работе предложена критериальная методика и разработан алгоритм индивидуального экспертного обследования энергомашиностроительного теплотехнического оборудования с целью оценки его остаточного ресурса. Прогнозирование сверпаркового ресурса эксплуатации на период 50000ч осуществляется по фактическим данным: а) микрповрежденности; б) скорости деформаций при высокотемпературной ползучести; в) среднемарочных кратковременных механических и пластических свойств металла при рабочей и комнатной температуре; г) эмпирических данных для условной границы долговременной прочности стабилизированных в результате эксплуатационного старения сталей марок марок 12Х1МФ и 15Х1М1Ф и граничным величинам микрорповрежденности, напряжений, деформаций ползучести.

Для оценки достоверности применяемых методов диагностики и прогнозирования ресурса жаропрочных паропроводных сталей изучены закономерности процессов деформирования и разрушения при ползучести структурно нестабильных паропроводных сталей 12Х1МФ и 15Х1М1Ф в условиях длительного циклического температурно-силового нагружения. Проведена структуризация выявленных различных факторов упрочнения Cr-Mo-V сталей. Определены доминирующие механизмы упрочнения при ползучести паропроводных сталей.

Для уточненной модели описания зарождения и роста пор в результате зернограницного проскальзывания получена и экспериментально подтверждена линейная зависимость произведения долговечности t_p и скорости ползучести $\dot{\epsilon}$ сталей в виде $\ln(t_p \dot{\epsilon}) \cong \alpha_i \sigma - A_i$, где A_i и $\alpha_i = 1,8...2,5 \times 10^{-8} \text{ Па}^{-1}$ - коэффициенты, не зависящие от температуры и напряжения σ для всех исследованных партий сталей марок 12Х1МФ и 15Х1М1Ф. Это позволяет считать средний коэффициент $\bar{\alpha} = 2 \times 10^{-8} \text{ Па}^{-1}$ константой материала, тогда как величина A_i постоянна лишь для данной партии стали. Установлено, что для альфа-железа отношения зернограницной

ДК 616.724 – 001

Кришук М.Г.¹, проф., Маланчук В.О.², чл.-кор. АМН України, Копчак А.В.¹, ас.
1- НТУ України “КПІ”, м.Київ, Україна, krvs@ukr.net

2- Національний медичний університет ім. О.О.Богомольця, м.Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОМЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛЮДИНИ ПРИ ХІРУ РГІЧНОМУ ЛІКУВАННЯ СКЛАДНИХ ПЕРЕЛОМІВ ЩЕЛЕПИ

Вивчення міцності кісток, суглобів, зв'язок, в'язкопружних властивостей м'язів та інших тканин важливо для травматології і ортопедії, для розуміння механізмів дії ушкоджувальних чинників і попередження травм. Біомеханічні властивості щелепи, а саме зусилля і напруження, які розвиваються в них при фізіологічних навантаженнях, необхідно знати для розробки і удосконалення методів лікування переломів. Проведення прямих експериментів в цій області істотно обмежені. Можливість використовувати ефективні методи імітаційного моделювання біомеханічних систем з'явилась на даний час розвитку технічного прогресу.

У даній роботі запропонована методика побудови математичних моделей пружного та в'язкопружного деформування матеріалу біомеханічної системи нижньої щелепи людини з пошкодженнями травматичного характеру. За основу взято модель суцільного деформованого середовища. Кістки щелепи представлено біологічними конструкціями зі складною структурною організацією та складною геометричною формою. Структура матеріалу кісток неоднорідна і має істотно виражену анізотропію механічних характеристик коартикальних тканин та однорідні властивості губчастої тканини. Імплантанти, які застосовуються при з'єднанні кісткової тканини в місцях з пошкодженнями щелепи мають ізотропні властивості. Експериментально визначені і опубліковані в літературі величини м'язових та суставних зусиль фізіологічного навантаження, задаються після розміщення моделі щелепи у вибраній декартовій системі координат.

Визначення деформацій, напружень в товщі щелепи і силових реакцій на поверхні її кінематичних спряжень із зовнішнім середовищем здійснюється методом скінченних елементів. Процес побудови дискретної твердотільної тривимірної моделі щелепи автоматизований із застосуванням програм MIMICS або 3D-Doctor. Вхідними даними для таких програм являються результати сканування щелепи методами комп'ютерної томографії. Розрахунок анізотропних властивостей моделі щелепи з розподіленими параметрами проводиться по спеціально розробленому алгоритму за результатами даних фактичних випробувань кісткової тканини в скінченному числі дискретних зон.

Розв'язок задачі про пошук напруженого стану відновленої щелепи людини за допомогою хірургічного втручання і застосування імплантантів розкладено на два базисні етапи: 1) отримати поля напружень і деформацій математичної моделі щелепи для будь-яких величин фізіологічного навантаження, 2) провести пошук допустимих параметрів геометрії фіксатора пошкодженої щелепи на основі мінімізації модуля

вектора напружень і оцінки механічної міцності в найбільш небезпечних зонах спряження імплантанта і кістки.

Автоматизований імпорт геометричних характеристик твердотільної моделі щелепи з неоднорідною структурою (кістка – губчата тканина - імплантант) та анізотропними характеристиками матеріалу кісток, а також задання навантажень і кінематичних обмежень для проведення скінченно-елементного розрахунку (СЕР) деформацій, напружень і зусиль на тривимірних моделях може бути проведено в універсальній системі СЕР ANSYS або іншій. Важливою тут є можливість доступу в таких системах до формування матриці жорсткості анізотропного неоднорідного матеріалу з довільною кутовою орієнтацією ортогонального базису.

Приведено результати математичного моделювання та дослідження механічних властивостей (особливостей розподілу силових навантажень на суглобові, напружень, деформацій та міцності в зонах спряжень кісткових тканин та імплантанту) біомеханічних конструкцій людини при хірургічному лікуванні складних переломів щелепи. Виконано порівняльний аналіз отриманих результатів математичного моделювання з відомими експериментальними та розрахунковими даними.

УДК 629.7:531.3

А.С. Цыбенко, Н.Г. Кришук, А.С. Конюхов, В.П. Коваль
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, УкраїнаРАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБТЕКАТЕЛЯ РАКЕТО-
НОСИТЕЛЯ «ЦИКЛОН-4»

Головной обтекатель (ГО) предназначен для защиты космического аппарата (КА) от воздействия тепловых и аэродинамических нагрузок на старте и атмосферном участке полета ракето-носителя (РН), а также от воздействия тепловых и аэродинамических нагрузок при наземной эксплуатации в составе РН. Конструктивно ГО представляет собой цилиндроконический сварной отсек подкрепленных оболочечных секций вафельного типа с продольным разъемом вдоль оси симметрии.

В расчетах на прочность, жесткость и при определении динамических характеристик подкрепленных сотовых оболочечных конструкций на основе метода конечных элементов важным моментом, обуславливающим эффективность и точность результатов, является степень геометрической идеализации исследуемой модели. Исчерпывающая аппроксимация геометрии объектов (особенно в случае сотовых оболочек) требует введения огромного количества конечных элементов, что приводит к неоправданно большому числу степеней свободы дискретных моделей. В итоге происходит потеря точности (а иногда и устойчивости) ввиду больших погрешностей, связанных с решением систем конечно-элементных уравнений высокого порядка. Для повышения эффективности расчетов в данном случае целесообразно использовать приближенные аппроксимации оболочечных моделей, с инженерной точностью учитывающие специфику их свойств.

Наиболее рациональным способом здесь является замена сотовых оболочек гладкими аналогами, построенными на основе различных теорий оболочек (безмоментной, Кирхгофа-Лява и других), критериев согласованности амплитудно-частотных, жесткостных, инерциальных и энергетических характеристик и установлением соответствующих эквивалентов на уровне рационально выбранных фрагментов оболочек (сотовой и гладкой), имеющих простые геометрические формы.

Следуя данному подходу, предложены расчетные схемы ГО с различной аппроксимацией жесткостных и инерционно-массовых характеристик [1]. Исследована точность и достоверность полученных результатов. Проведено многовариантное компьютерное моделирование динамики головного обтекателя в процессе сброса и отделения на завершающей стадии полета РН. Осуществлено сравнение результатов расчетов с данными натурных экспериментов, выполненных в ГKB «Южное» г. Днепропетровск.

Полученное согласование в пределах инженерной точности [2] позволяет утверждать об эффективности методики определения жесткостных и инерционно-массовых характеристик, а также компьютерного моделирования динамики головного обтекателя РН в процессе сброса и отделения на основе приближенных аппроксимаций оболочечных моделей.

В результате проведенных расчетно-экспериментальных исследований установлено, что при импульсных нагрузках, возникающих в результате воздействия автоматики сброса, нижний край исследуемой конструкции ГО получает значительные перемещения в направлении полезного груза на величину, превышающую допустимые пределы. Для устранения этого рекомендовано:

- увеличить размер нижнего силового шпангоута;
- вести дополнительную секцию в цилиндрическую часть ГО с промежуточным силовым шпангоутом при сохранении общих габаритных размеров конструкции, что приведет к увеличению ее продольно-жесткостных характеристик;
- установить ограничители перемещений нижнего края ГО в направлении полезного груза.

Литература:

1. Цыбенко О.С., Конюхов О.С., Кришук М.Г., Коваль В.П. Побудова розрахункової моделі головного обтічника ракети-носія типу «Циклон-4» на основі гладких підкріплених оболонок // Наукові вісті НТУУ «Київський політехнічний інститут», № 6(56) 2007. – С. 92-103.
2. Цыбенко О.С., Кришук М.Г., Конюхов О.С., Коваль В.П., Аксьоненко А.В., Трубин А.В. Розробка адекватної математичної моделі дослідження динаміки стулок головного обтічника ракети-носія у процесі польоту і відділення // Наукові вісті, – 2006, – № 6. – с. 139-148

УДК 621.924

Залога В.А., д.т.н, Дядюра к.т.н.

Сумський державний університет, г. Сумы, Україна

О СИСТЕМНО-СИНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ИССЛЕДОВАНИЮ ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ИЗДЕЛИЯ

Происходящие в настоящее время изменения в мировой экономике требуют от машиностроительных предприятий принципиально новых подходов к повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции. Колебание запросов Z и возможностей B макросистемы (общество, наука и техника, экономика) определяет как особенности эволюционного развития в целом, так и динамику создания и использования новых технологий и изделий.

Это, в свою очередь, влияет на динамику и неопределенность затрат, сроков, результатов и других параметров на этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ).

Сложность управления такими процессами связана с их многомерностью, нелинейностью, стохастичностью, нестационарностью, а также постоянно изменяющимися свойствами окружающей среды и дефицитом необходимой информации. Интеграция информационных ресурсов (CALS-концепция), применяемых на различных стадиях и этапах ЖЦИ позволяет разработать гибкий механизм адаптации к изменяющимся условиям.

Для создания более совершенных систем управления необходимо использовать более полные и точные модели, учитывающие нелинейные эффекты. Отношения между объектами макросреды и технологической системы можно моделировать и описывать с помощью потоков материального, энергетического и информационного характера.

В этой связи исследование синергетических моделей управления открытыми системами становится в последнее время особенно актуальным. В рамках синергетических представлений развитие ЖЦИ представляет собой качественное изменение его структуры и функционирования за счет кооперативного взаимодействия процессов.

Целью данной работы является поиск принципиально новых возможностей управления на основе нелинейных моделей. Сущность системно-синергетического подхода к исследованию открытой системы ЖЦИ можно сформулировать следующим образом:

- определении в пространстве состояний системы совокупности неустойчивых точек бифуркации и устойчивых точек (информационных аттракторов); расчет их характеристик; оценка влияния на эволюцию системы;
- построение алгоритмов управления поведением систем на основе информации об устойчивых и неустойчивых состояниях системы, способах ее перевода в данные состояния путем информационных воздействий с минимальными энергетическими и ресурсными затратами.

УДК 539.4

А.М.Бабак асист.; О.А. Махонько, канд.фіз-мат.наук

НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ОДНОФАКТОРНОГО ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.

Для побудови достовірних моделей накопичення пошкоджень і руйнування твердих тіл під дією різноманітних навантажень грає провідну роль у теорії моделювання руйнування конструкційних матеріалів. Для застосування методів велику роль відіграє залежності механічних характеристик. Для знаходження залежностей існують різні аналізи, в тому числі і однофакторного дисперсійного аналізу.

Модель однофакторного дисперсійного аналізу має вигляд:

$$\xi_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}, \quad j = 1..n_i, \quad i = 1..k$$

Сума $\mu + \alpha_j$ є середнім значенням (відгуком) показників першого датчика при i -му рівні фактора, а параметр μ - середнім усіх спостережень. Різниця α_j називається ефектом i -го рівня. Доданки ε_{ij} задають випадкову похибку вимірювань. Постулюється, що вони є незалежними у сукупності нормально розподіленими випадковими величинами із нульовим математичним сподіванням і невідомою дисперсією:

$$\varepsilon_{ij} = N(0, \sigma^2)$$

Гіпотеза про незалежність відгуків від рівня фактору формулюється наступним чином:

$$H_0 \quad \alpha_i = 0, \quad i = 1..k$$

Нехай $n = \sum_{i=1}^k n_i$ -- загальна кількість спостережень.

Невідомі параметри μ та $\alpha_1, \dots, \alpha_k$ можна оцінити за методом найменших квадратів (або зведенням до моделі лінійної регресії):

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \xi_{ij}}{n}, \quad \hat{\alpha}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \xi_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \xi_{ij}}{n}}{n_i}, \quad i = 1..k$$

Перед застосуванням статистичних методів їх було перевірено на величинах, залежність яких одна від одної є загально відомою. Зокрема, залежність відносно подовження від напруження підтверджена методом дисперсійного аналізу на рівні 99.981%. У результаті застосування методу однофакторного дисперсійного аналізу виявлено залежність:

- поперечної деформації на пошкоджувальність на рівні 97.40%
- поточної довжини від електричного опору на рівні 99.67%
- відносного подовження від пошкоджувальності на рівні 95.88%

Результати, отримані в ході експериментів, дозволили зробити наступні висновки.

- Щодо позитивної залежності одного від іншого
- доцільності подальшого застосування метода оцінки параметрів ймовірнісного розподілу для побудови ймовірнісно-статистичних моделей пошкоджувальності матеріалів для величин, що виявилися залежними одна від одної

УДК

С.І. Трубачев, канд.техн.наук

НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

**ВИЗНАЧЕННЯ НДС БАГАТОШАРОВИХ КОМПОЗИТНИХ КОНСТРУКЦІЙ З
УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОГО ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ПЕРЕМІЩЕНЬ ПО
ТОВЩИНІ**

При виготовленні конструкцій з багатошарових композитних матеріалів, насамперед, необхідно визначити їх напружено-деформований стан, що виникає під дією статичних та вібраційних навантажень. Рішення цієї проблеми не можливо без побудови математичних моделей деформування, що відображають реальні умови роботи. У зв'язку з тим, що багатошарові композитні конструкції здебільшого є багатозв'язні, то аналітичні методи визначення НДС не завжди є ефективними, тому необхідно використовувати чисельні методи розрахунку.

В роботі розглядається методика чисельного розрахунку багатошарових систем, що базуються на варіаційно-сітковому підході побудови скінченновимірної функціонала та його мінімізації. Для побудови скінченновимірної моделі використовувався багатошаровий трикутний елемент, в якому для апроксимації переміщень в площині і в нормальному напрямках використовуються лінійні та неповні кубічні поліноми, а переміщення точок заповнювача визначається через переміщення несучих шарів у вигляді кубічного полінома. Такий вигляд апроксимації переміщень, що відрізняється за шарами дає можливість моделювати різні види граничних умов як для кожного шару окремо, так і для всього пакету в цілому. Задача визначення НДС в статичній постановці в варіаційній формулюванні на основі принципу мінімуму потенціальної енергії може бути сформульована, як задача мінімізації квадратичного функціоналу. Для розв'язку задачі мінімізації використовується метод покоординатного спуску, який не потребує оперування і формування з матрицями жорсткостей і одночасно є стійким ітераційним методом.

При розрахунку конструкцій під дією вібраційних навантажень основна задача полягає в визначенні власних частот та форм коливань. В роботі для визначення власних частот та форм коливань багатошарових конструкцій використовується метод підвищення жорсткостей, який на відміну від традиційного підходу не потребує розв'язувати задачу мінімізації функціоналу Релея на підпросторі ортогональному раніше знайденому власним векторам. Це, насамперед, дозволяє розв'язати задачу без побудови в процесі обчислення проекторів, що відповідають знайденому власним векторам. Це дозволяє знаходити спектр власних частот та форм коливань з меншими обчислювальними затратами. Розроблена методика реалізована у вигляді алгоритмів та програм, що дають можливість застосовувати її, як елемент САПР, та дозволяє вирішувати задачі розрахунку на міцність багатошарових конструкцій на стадії проектування. Розрахунок великої кількості тестових та контрольних прикладів, а також порівняння з відомими аналітичними та експериментальними даними підтверджує ефективність запропонованого підходу.

УДК 66.02.011

О.С. Сахаров, д-р.техн.наук, В.І. Сівецький, канд.техн.наук,

О.Л. Сокольський, канд.техн.наук, М.С. Кушнір, студент

НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ КОНСТРУКТИВНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ОБЛАДНАННЯ В ПРОЦЕСАХ ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ
ВИРОБІВ**

Сучасні технології хімічних виробництв супроводжуються використанням високих тисків та температур, які суттєво впливають і на матеріали, що переробляються, і на обладнання. В багатьох випадках врахування взаємодії матеріалів з силовими елементами машин та апаратів є необхідною умовою при розробці технологічних процесів і проектуванні обладнання хімічних виробництв.

Для адекватного описання взаємодії тіл різної природи використовуються загальні співвідношення нелінійної механіки суцільних середовищ (МСС), які базуються на фундаментальних законах збереження. До найбільш ефективних чисельних методів розв'язання складних реологічних і динамічних задач механіки суцільних середовищ належить метод скінчених елементів (МСЕ), який дозволяє на базі комп'ютерної техніки моделювати і досліджувати технологічні процеси разом з визначенням напружено деформованого стану і міцності обладнання.

На базі розроблених алгоритмів та методики чисельних розрахунків проведено взаємопов'язані чисельні дослідження параметрів течії полімерних матеріалів у формуючих каналах полімерного устаткування з рухомими та нерухомими деформівними стінками та напружено-деформованого стану елементів обладнання.

Дослідження взаємного впливу пружної деформації конструктивних елементів формуючого устаткування та параметрів течії полімерного матеріалу в його формуючих каналах проводилося на модельній конструкції плоскощільної головки.

З отриманих результатів чисельних досліджень витікає, що за наявності пружної деформації конструктивних елементів корпусу картина течії розплаву в формуючих каналах якісно змінилася і різниця швидкостей в центральній зоні і на краях формуючої щільності навіть стала зворотною.

В якості іншого прикладу взаємовпливу пружності конструктивних елементів формуючого устаткування та параметрів течії перероблюваних матеріалів в його каналах розглядався процес формування листа з гумової суміші в формуючій зоні черв'ячно-валкового агрегату.

В ході чисельного моделювання досліджувались просторові поля розподілу тиску в формуючій зоні, швидкостей течії перероблюваного матеріалу з урахуванням зміни його реологічних властивостей для різних технологічних режимів у взаємозалежності з прогином валків. Досліджені поля швидкостей та взаємопов'язані з ними поля в'язкостей та тиску в зоні формування дозволили визначити характеристики прогину робочої частини валків для різних технологічних режимів формування листових гумових виробів.

УДК 621.647.23

О.Є. Колосов, канд.техн.наук

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

**РОЗРОБЛЕННЯ І ПАТЕНТУВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ
УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВІТАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ З ВИПРОМІНЮЮЧОЮ
ПЛАСТИНОЮ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ
МОДИФІКАЦІЇ РІДКИХ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ ТА ІНТЕНСИФІКАЦІЇ
ПРОЦЕСІВ ПРОСОЧУВАННЯ ТА ДОЗОВАНОГО НАНЕСЕННЯ**

Метою проведених досліджень було розроблення та патентування удосконаленої методики розрахунку ультразвукового (УЗ) кавітаційного пристрою з випромінюючою пластиною, що здійснює згинальні коливання, яка передбачає розрахунок резонансних акустичних розмірів елементів коливальної системи на базі п'єзо-керамічних перетворювачів і трансформаторів швидкості, а також експериментальна перевірка отриманих співвідношень.

Розроблену методику доцільно патентувати як спосіб розрахунку ультразвукового кавітаційного пристрою з випромінюючою пластиною, на який доцільно отримати патент на корисну модель (винахід). Порядок проведення розрахунків відповідно до розробленої методики та послідовність патентування операцій реалізуючого її способу полягає в наступному:

1. Задають бажану резонансну частоту ультразвукових коливань (УЗК), характерну для конкретного технологічного процесу, і визначають інтенсивність УЗ-кавітації (наприклад, це може бути частота УЗК УЗ-генератора).
2. Вибирають матеріал і товщину випромінюючої пластини, виходячи з конструктивно-технологічних особливостей реалізації конкретного технологічного процесу (озвучування рідини, процеси просочування або дозованого нанесення).
3. Для обраної резонансної частоти УЗК визначають довжину хвилі згинальних коливань випромінюючої пластини з урахуванням бажаної моди коливань.
4. Загальні розміри випромінюючої пластини, тобто її довжину і ширину вибирають кратними величині довжини хвилі. При цьому на ширину пластини може накладатися також умова перекриття пластиною ширини тканого волокнистого наповнювача.
5. Залежно від отриманої кількості пучностей, що утворюються при згинальних коливаннях, по довжині й ширині випромінюючої пластини, визначають кількість УЗ-випромінювачів, установлених по довжині й ширині пластини.
6. Розраховують масу елементів кріплення УЗ-випромінювача з урахуванням приєднаної маси окремої ділянки (секції) випромінюючої пластини, тобто характеристики еквівалентного циліндра.

Під резонансну частоту випромінюючої пластини розраховують акустичні розміри елементів складеного УЗ-випромінювача. Причому вихідними даними для розрахунку акустичних розмірів УЗ-випромінювача є геометричні розміри і фізичні параметри застосовуваного п'єзоматеріала, трансформатора швидкості, частото-понижуючих накладок, а також питома акустична потужність.

**THE LIFETIME PREDICTION OF COMPONENTS SUBJECTED TO HIGH
PRESSURE AND HIGH FREQUENCY LOADS**

Eugeniusz RUSINSKI, Piotr HARNATKIEWICZ, Przemyslaw. MOCZKO

Wroclaw University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering. Lukasiewiczza 7/9, Wroclaw 50-371 Poland

Bogdan YAKHNO

National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute”. Institute of Mechanical Engineering. Peremogi Ave. 37 Kiev 03056 Ukraine

The estimation of the lifetime of high pressure and high frequency loaded components by testing is very costly and time-consuming. The simulation of fatigue life is an important design step in the fast moving and competitive automotive industry, where the steady rise of engineering components and the demand for lightweight construction concurred with enhanced reliability require an optimized dimensioning process. The paper presents the chosen problems of 3D numerical strength and fatigue simulation of a liquid line filter dryer. The presented results of the FEM mechanical calculation based on real components. The fatigue analysis were executed using the criterion of critical plane. The local multiaxial stress and strain state was executed according to the Hooke low, near simultaneous regard the cinematic nonlinearity of hardening of material according to the Jiang model.

**THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF PLASTIC DEFORMATION WEAR OF
BEARING OF EXCAVATOR ACCORDING TO THE MACRO AND MICRO
MATERIAL CHANGES.**

Tadeusz SMOLNICKI, Grzegorz Pekalski, Pawel HARNATKIEWICZ,

Wroclaw University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering. Lukasiewiczza 7/9, Wroclaw 50-371 Poland

In the large size rolling bearings with a monolithic non-hardened raceway the plastic wear deformation can be noticed. As a result of the plastic material flow the material undergoes some structure modification and also the bearing raceway geometry is changed. The raceway hardening phenomenon as well as material lapping take place. In the paper the structure modification of the raceway after long-term explanation is presented. Additionally, the geometrical deformation form of the raceway is described.

**SOME ASPECTS OF SPOT-WELDED LONGITUDINAL BEAMS USED AS
ENERGY ABSORBERS.**

Artur KOPCZYNSKI, Eugeniusz RUSINSKI, Jacek KARLINSKI

Wroclaw University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering. Lukasiewiczza 7/9, Wroclaw 50-371 Poland

Spot welded longitudinal beams are widely used in automobiles as energy absorbers. Top-hat and double-hat shaped profiles are designed to absorb most of the front-end impact energy during car collision. Taking into account the influence of spot weld parameters, various profiles were examined in respect of pitch and diameter influence of these rigid joints. Additional tests taking into account different materials and sheet thicknesses were performed.

NUMERICAL SIMULATIONS OF SPOT WELDED HIGH STRENGTH STEEL THIN-WALLED BEAMS SUBJECTED TO AXIAL CRUSHING.**Artur KOPCZYNSKI, Eugeniusz RUSINSKI, P. HARNATKIEWICZ**

Wroclaw University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering. Lukasiewiczza 7/9, Wroclaw 50-371 Poland

The main objective of this work was to estimate the crash characteristics of spot welded high strength steel thin-walled beams. Numerical simulations were performed with the use of Abaqus/Explicit code. The finite element models developed in current study allowed the evaluation of influence of spot weld parameters on structural crashworthiness of top hat and double hat sections.

VIRTUAL TESTING IN TERMS OF THE PEDESTRIANS PASSIVE SAFETY IMPROVEMENT.**Mariusz PTAK, Eugeniusz RUSINSKI, Artur KOPCZYNSKI, P. HARNATKIEWICZ, Pawel KACZYNSKI**

Wroclaw University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering. Lukasiewiczza 7/9, Wroclaw 50-371 Poland

Pedestrian fatalities in traffic accidents continue to be the significant social burden and pose a costly hospitalization problem. Statistical research conducted in European countries confirms that pedestrians account for 12-35% of the number of severely injured or killed victims of road traffic accidents. The paper outlines the European test procedure and a pedestrian safety guideline drawn up by the EEVC (European Enhanced Vehicle-Safety Committee). In addition the emphasis is put on the Virtual Testing regarding the current regulations. Due to the great development of computation power and expansion of Finite Element Method it is feasible to widen the possibilities and application fields including pedestrian safety in terms of a collision with the front of a motor vehicle.

PERFORMANCE OF FRONTAL PROTECTION SYSTEMS IN PEDESTRIAN IMPACT TESTS IN ACCORDANCE WITH THE REGULATION 78/2009 EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL.**Mariusz PTAK, Eugeniusz RUSINSKI, Artur KOPCZYNSKI, P. HARNATKIEWICZ,**

Wroclaw University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering. Lukasiewiczza 7/9, Wroclaw 50-371 Poland

The Regulation 78/2009 European Parliament and of the Council refers to the frontal protection systems (FPS) - a popular choice for Sport Utility Vehicle (SUV) and four-wheel-drive (4WD). The paper presents the undertaken methodology and the state-of-art numerical analysis simulating a pedestrian accident with a front of a vehicle equipped with the FPS. The results of numerical analysis based on Finite Element Method are finally compared and also validated with the full scale physical test.

THE FRACTURE ANALYSIS OF A LOADING ELEVATOR UNDERCARRIAGE - STRENGTHENING PROPOSALS.**Eugeniusz RUSINSKI, Jerzy CZMOCHOWSKI, Pawel KACZYNSKI, Piotr HARANTKIEWICZ**

Wroclaw University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering. Lukasiewiczza 7/9, Wroclaw 50-371 Poland

In this article the fracture source of a loading elevator undercarriage connected with an excavator SchRs 4000 was analyzed by the use of numerical methods. The forces acting on the undercarriage were calculated. The Finite Element Analysis was carried out and the results were presented in this paper. On the basis of FEA the fracture spots of a load-carrying structure were specified and the proposals of strengthening were suggested in order to improve fracture toughness.

УДК 621.9.048**681.5.001.63: 629.1.098****С.В. Стась, канд.техн.наук****Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля****АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ЖИДКОСТИ В СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ СТВОЛАХ И НАСАДКАХ ЩЕЛЕВОГО ТИПА**

В рамках данной работы рассматриваются пожарные стволы и насадки, позволяющие создавать так называемые веерные и радиальные струи. На открытых территориях преградами от теплового излучения могут быть водяные завесы, полученные путем использования специального противопожарного оборудования. Они исполняют роль противопожарных разрывов между зданиями или другими объектами для предупреждения распространения пожара между ними.

Определенное использование в практике пожаротушения получил принцип прекращения горения и создания условий огне- и теплопреграждения водяными завесами, препятствующими распространению пожара через поток жидкости или предупреждению прогрева технологического оборудования до предельно допустимых температур. Завесы обеспечиваются использованием устройств для выпуска и распределения огнетушащего вещества - пожарных стволов, насадок или оросителей, большинство из которых щелевого типа. В работе проводится анализ работы типичных оросителей и щелевых насадок, указываются особенности потоков жидкостей. Проведены эксперименты и представлены результаты использования трех насадок и распылителей и сделан их сравнительный анализ.

УДК 625.5

О.М. Яхно, д.т.н., проф., О.О. Семінський, к.т.н., доц., Н.В.Семінська, к.т.н., ас.
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна**ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ НА ФОРМУВАННЯ ПОЧАТКОВОЇ
ДІЛЯНКИ СТРУМЕНЯ СЕРЕДНЬОГО ТИСКУ**

У сучасній гідромеханіці та в багатьох галузях промисловості викликають великий інтерес дослідження гідродинамічних процесів, які відбуваються в струменях рідини. Разом з тим, закономірності цих процесів у стаціонарних і нестаціонарних течіях вивчені недостатньо.

Так, у вугільній, металургійній, харчовій галузях промисловості, машинобудуванні та нафтовидобуванні виникає необхідність в ефективному, безпечному та економічно доцільному способі руйнування твердого матеріалу. Перспективним напрямком розв'язання цієї проблеми є розробка та створення гідроструминних технологій, де в якості виконавчого інструменту використовуються стаціонарні та нестаціонарні струмені рідини середнього (понад 10 МПа) тиску. Їх перевага полягає в екологічності, пожеже- і вибухобезпечі, малій ресурсоемності, збільшенні силового впливу на матеріал, який обробляється, збільшенні продуктивності обробки, відсутності термічних і деформаційних напружень у матеріалі при обробці, заощадженні енергоресурсів.

Аналіз існуючих робіт дозволив встановити, що дотепер недостатньо повно досліджені як особливості формування потоку в'язкої рідини, фізичні явища та процеси, що відбуваються в струмені та на його поверхні, так і зміни гідродинамічних параметрів нестаціонарного та стаціонарного струменя рідини на ефективній ділянці. Все це ускладнює вирішення конкретних прикладних завдань, пов'язаних з реальними технологічними процесами, а також перешкоджає впровадженню нових прогресивних технологій.

В роботі досліджено особливості течії рідини на ефективній ділянці струменя, параметри якої, відповідно до проведеного аналізу літературних джерел, наближені до параметрів гідродинамічної початкової ділянки у каналі.

Аналіз проведених експериментальних досліджень підтвердив, що довжина гідродинамічної початкової ділянки істотно залежить від геометрії каналів підведення і насадок. Плавне вісесиметричне підведення рідини по каналу перед насадком дозволяє істотно зменшити виникнення вихороподібних, циркуляційних і вторинних течій.

Відповідно до проведених досліджень по визначенню факторів, які впливають на параметри початкової ділянки струменя, визначено, що її довжину l_n можна розглядати як функцію, що залежить від швидкості витікання робочої рідини $u_{вит}$, величини підведеного тиску p_0 , густини ρ , динамічної в'язкості робочої рідини μ , вихідного діаметра насадки d_0 та частоти накладення пульсацій n (у випадку нестаціонарної течії). На підставі аналізу розмірностей така функція може бути представлена у критеріальному вигляді $\frac{l_n}{d_0} = x \frac{Eu^{k_3}}{Re^{k_4} Ho^{k_6}}$, де l_n/d_0 - симплекс геометричної подібності, Eu - критерій Ейлера, Ho - критерій гомотетичності, Re - критерій Рейнольдса.

Для визначення фізичних явищ та процесів, що відбуваються в струмені та на його поверхні окремо розглянуто вплив поверхневого натягу на формування компактного енергоємного струменя. Проведено аналітичний обзір цього питання, наведено ілюстрації процесу розпилу струменя при різних значеннях критерію Вебера, які дозволяють переконатися в необхідності врахування коефіцієнту поверхневого натягу при розрахунку довжини ефективної ділянки.

УДК 621.7.016

Д.В. Криворучко, канд.техн.наук, В.А. Залога, д-р.техн.наук, О.А.Залога
Сумський державний університет, г. Суми, Україна**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ТРЕНИЯ НА
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ, СИЛЫ И ТЕМПЕРАТУРУ
РЕЗАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛЕЙ**

Развитие численных методов и, в частности, на основе метода конечных элементов в настоящее время позволили приблизиться к созданию виртуальной модели процесса резания. Установлено, что адекватность конечно-элементной модели в значительной степени определяется принятой для моделирования зоны резания (рабочего процесса) моделью трения (величины среднего коэффициента трения). В данной работе в качестве расчетной схемы принято твердосплавное лезвие с передним углом γ и задним углом α , которое перемещаясь с постоянной скоростью резания V срезает с плоской заготовки слой постоянной толщины a . Обработка сталей 45 и 12Х18Н10М производится без СОЖ. Скорость резания – 100 м/мин, толщина среза – 0,15 мм.

В результате вычислительного (виртуального) эксперимента установлено, что такие параметры модели трения, как μ (средний коэффициент трения) и τ_s (предельные касательные напряжения) оказывают существенное влияние на показатели процесса резания. Установлено, что при большем значении предельных касательных напряжений τ_s с увеличением коэффициента внешнего трения μ проекции силы резания и температура резания возрастают монотонно при значениях $\mu \leq 0.75$ поскольку имеет место скольжение. При значениях $\mu > 0.75$ монотонность нарушается вследствие того, что сила сопротивления сдвигу на поверхности контакта превышает сдвигающую стружку силу. В зависимости от предела текучести обрабатываемого материала может либо продолжаться скольжение, либо происходит уже не образование стружки, а образование напыва без скольжения по передней поверхности.

Полученные в исследовании распределения контактных напряжений по форме и величине в полной мере отвечают современным представлениям о поведении напряжений на контактной границе между стружкой и инструментом. Установлено и доказано, что распределение контактных касательных напряжений определяется не только наличием схватывания в зоне вторичных деформаций и пластического контакта, но и геометрической конфигурацией зоны резания. Поэтому даже при наличии скольжения на всей границе между стружкой и лезвием с допущением о кулоновском трении возможно получить равномерное распределения касательных напряжений на передней поверхности, что не допускается классическими теориями.

Установлено, что средний коэффициент трения $\bar{\mu}$ увеличивается с увеличением как μ , так и τ_s . Это связано с одной стороны с увеличением сил сопротивления скольжению при увеличении μ , так и с увеличением их максимально допустимой в заданных условиях величины τ_s .

УДК 539.3

А.С. Цыбенко

НТУУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ БЕЗ ОТБРАСЫВАНИЯ МАССЫ

Укоренившееся в современной физике убеждение о невозможности реактивного движения без отбрасывания массы (безопорное движение) основано на неверной трактовке и восприятии закона сохранения импульса в замкнутых механических системах.

В предлагаемом исследовании проанализированы исходные формулировки основных законов механики Галилея-Ньютона. Показано отличающееся от оригиналов их современное цитирование.

На основе фундаментальных уравнений энергодинамики (переноса и преобразования энергии) получены законы механики, являющиеся обобщением существующих (частных):

- 1^й закон Ньютона (инерции) распространен на случай вращающихся систем;
- аналог 2-го закона Ньютона утверждает, что движущая сила какого-либо процесса соответствует производной от энергии системы по обобщенной координате этого процесса, при этом в неоднородной изолированной системе не сохраняется импульс системы и его момент;
- 3^й закон Ньютона имеет форму уравнения баланса мощностей действия и противодействия, что соответствует математическому выражению рычага Архимеда для механических явлений.

Установлено что, с учетом обратимости механических процессов поступательное движение можно перевести во вращательное, и наоборот, вращательное – в поступательное. При этом, с помощью внутренних сил замкнутой системы можно изменить скорость движения ее центра масс, т.е. с помощью вращательного ускоренного движения в замкнутой системе можно привести ее в поступательное движение – это теоретическая основа для создания так называемых «безопорных» движителей или реактивных двигателей без отбрасывания массы, принципиально этим отличающихся от ракетных двигателей. Данный вывод соответствует одному из общезначимых принципов построения материи - основой существования материи является вращательное движение, а линейное движение является следствием, ибо оно не относится к материи, а только к ее расположению в пространстве.

На указанном принципе можно строить так называемые «безопорные» движители, используемые как в космосе, так и на земле. Суть идеи проще воспринимается на простых примерах.

Если, находясь на какой либо платформе суммарной массы M , бросить с некоторой скоростью v какое либо тело с массой m , то согласно закону о сохранении импульса данной механической системы она в виде реакции на это действие получит скорость, которая соответствует соотношению баланса $mv = Mu$ $u = (m/M) \cdot v$ (рис. 1а).

Так работают все реактивные двигатели, при этом система является «открытой», т.к. отбрасываемая масса не возвращается в исходную систему. Причиной использования этого «первобытного» и абсолютно нерационального принципа передвижения в космическом пространстве является неполнота восприятия законов механики.

Рассмотрим вышеописанный процесс в замкнутой системе (рис. 1б). После броска тела m с импульсом (mv) система получит импульс Mu . При последующем ударе о стенку корпуса тележки, по закону равенства противодействия действию, импульс реакции системы будет равным импульсу действия $mv = Mu$, и в пренебрежении переходными процессами, система в итоге останется неподвижной $mv - Mu = 0$ (возвратно-поступательное движение).

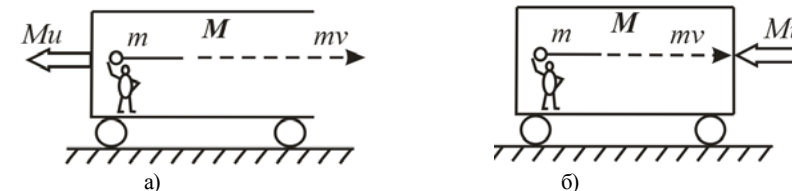


Рис. 1

Если же отбрасываемая масса будет взаимодействовать не со стенкой корпуса, а с телом, которое может вращаться вокруг своей оси симметрии, и находящемся внутри этой системы, то импульса «гашения» реактивной составляющей исходного импульса, придавшего движение системе, не будет (рис. 2):

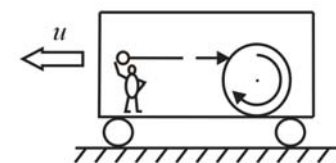


Рис. 2

В этом случае линейный импульс брошенного тела mv не будет компенсирован противодействием при взаимодействии со стенкой, он «уйдет» во вращательный импульс. В итоге система получит движение в сторону противоположную направлению броска массы m . Таким образом, замкнутая система приводится в движение только внутренними силами.

Не выполняется 3-й закон Ньютона – противодействие не равно действию.

Наглядные примеры непосредственного преобразования поступательного движения во вращательное и наоборот показаны на рис. 3.

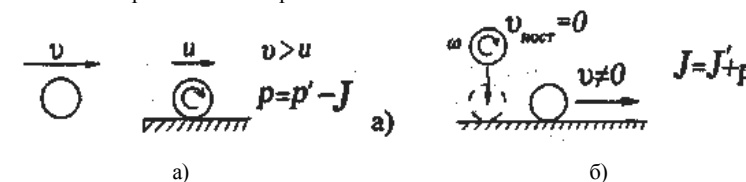


Рис. 3

Вращающееся, но неподвижное тело (рис. 3, б) является основой получения «безопорного» движения. Иными словами поступательное движение можно «запасать» во вращательном и, очевидно, это является фундаментальным в процессах построения и существования материи. Законы сохранения количества вещества и энергии замкнутых систем оказываются справедливыми всегда, а закон сохранения количества движения (импульса) в форме Ньютона применим только для замкнутых систем не имеющих вращающихся взаимодействующих элементов.

УДК 621.979.134

В.І. Стеблюк, д-р.техн.наук, проф., Ю.Г. Розов, канд.техн.наук, доц.,
Д.М. Савченко, аспірант, О.В. Холявік, асистент, І.П. Азарх, студент
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДРІЗАННЯ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК ЗСУВОМ І СКРУЧУВАННЯМ

В роботі [1] був описаний процес відрізання трубчастих деталей одночасним зсувом і скручуванням, в запропонованому авторами пристрої [2], в якому встановлені дві пари оправок, при чому одна з них може обертатись відносно іншої на ексцентрично встановленій осі. При обертанні в заготовці утворюється два діаметрально розташованих серпоподібних надрізи, при зминанні яких відокремлюється трубчаста деталь від труби-заготовки. Як показали експерименти в місцях зминання надрізів має місце скол і утворення заусенців, що зменшують якість відрізнаних деталей.

З метою усунення вказаного недоліку запропонована конструкція пристрою, в якому в процесі обертання оправок ексцентрикова вісь міняє своє положення відносно центрів оправок. Завдяки цьому міняється напрямок зсуву і скручування: при повороті на 90° процес іде в одному напрямку, а при подальшому обертанні – в протилежному. Завдяки цьому вдалось уникнути сколу в заключній стадії відокремлення деталі від труби-заготовки і підвищити якість різку та точність деталей. Перший та другий переходи описаного процесу показано на Рис. 1.

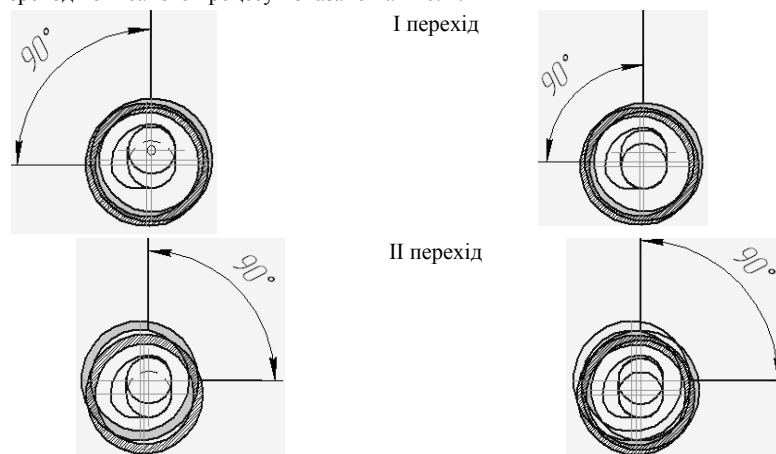


Рис. 1. Переходи процесу відрізання трубчастих заготовок зсувом і скручуванням.

Література:

1. Стеблюк В.І., Савченко Д.М., Розов Ю.Г. Методи вдосконалення способів різання труб на короткі заготовки // Обробка матеріалів тиском. – 2009. – №2 (20).
2. № 50653 АВ23D21/00 Спосіб різання труб на короткі заготовки; Автори Розов Юрій Георгійович, Савченко Дмитро Миколайович, Херсонський державний технічний університет, 15.10.2002р., Бюл. №10

УДК 621.771:004.18

Е.Н. Смирнов, канд.техн.наук, доц., В.А. Скляр, аспірант,
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Україна

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВУХСТАДИЙНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БЛЮМОВ НА СТАДИИ НЕПОЛНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

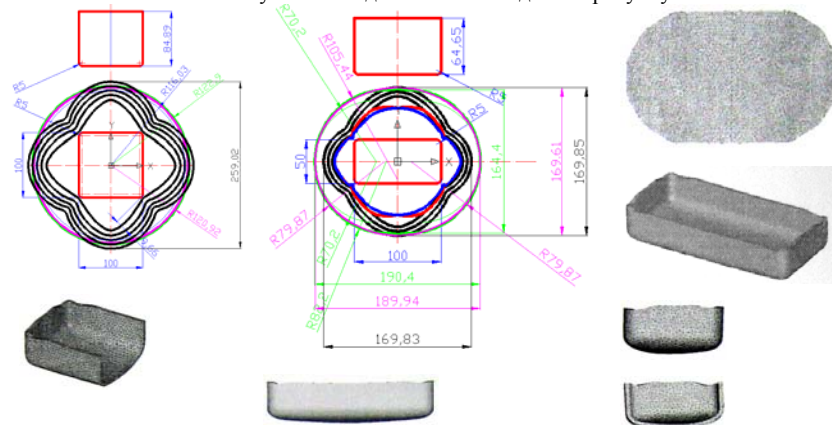
В последнее время сформировалось несколько направлений технической реализации процесса деформирования непрерывнолитых слитков на стадии неполной кристаллизации, каждое из которых преследует цель дальнейшего повышения степени проникновения деформации в сердцевину кристаллизующегося слитка. Одним из новых способов следует считать и разработанный, на уровне патента на изобретение, на кафедре ОМД ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» процесс двухстадийного деформирования непрерывнолитых блюмов на стадии неполной кристаллизации. Предложено разделить деформационное воздействие на две стадии, а именно: на первой стадии деформируют центральные участки непрерывнолитого слитка на ширине, которая составляет 80-90% от ширины жидко-твердой фазы, а на второй стадии деформируют ранее недеформированные краевые участки. С использованием метода конечно-элементного моделирования, был выполнен численный эксперимент и произведен сравнительный анализ двухстадийной и классической (плоскими валками) схем деформирования непрерывнолитых блюмов на стадии неполной кристаллизации, а также определена допустимая величина разового обжатия ϵ_i на основе анализа формируемого напряженно-деформированного состояния. Геометрическая модель представляла собой половину непрерывнолитого блюма сечением 335x400 мм, который отливается на МНЛЗ ОАО «ДМК им. Дзержинского». В качестве критерия позволяющего оценить степень проникновения деформации во внутренние слои кристаллизующегося слитка использовалась приведенная степень относительной деформации $\epsilon_{пр}$, которая определялась как отношение абсолютной высотной деформации двухфазной области к начальной высоте блюма. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что величина $\epsilon_{пр}$ растёт с повышением степени обжатия Δh_i и уменьшается по мере уменьшения содержания жидко-твёрдой фазы, в связи с ростом толщины затвердевшей составляющей слитка. При этом, на второй стадии $\epsilon_{пр}$ меньше на 3-23 % чем на первой. Это объясняется тем, что на второй стадии значительная часть приложенного обжатия затрачивается на деформирование боковых стенок непрерывнолитого слитка. Сравнение полученных данных с аналогичными, но при обжатии в гладких валках позволяют сделать вывод о том, что $\epsilon_{пр}$ при реализации двухстадийного деформирования непрерывнолитых слитков на стадии неполной кристаллизации больше на 50-56%, что свидетельствует о большей эффективности нового способа. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния непрерывнолитых блюмов на стадии неполной кристаллизации позволили уточнить величину предельной относительной деформации ϵ_i . При этом, за предельную величину принималось то ее значение, при котором интенсивность напряжений в данной точке превосходит величину предела прочности σ_b металла в ней. Исследования показали, что лимитирующей является величина интенсивности напряжений в закристаллизовавшейся составляющей, примыкающей к фронту кристаллизации σ_i . При этом, она обуславливает максимально возможную величину ϵ_i на уровне 0,5%.

Вывод. Проведенное исследование нового способа двухстадийного обжатия непрерывнолитых слитков на стадии неполной кристаллизации методами конечно-элементного моделирования позволило показать преимущества его применения, и определить предельную величину относительного обжатия ϵ_i применительно к условиям отливки блюма 335x400 мм на МНЛЗ ОАО «ДМК им. Дзержинского».

УДК 621.979.134

В.І. Стеблюк, д-р.техн.наук, проф., О.В. Холявік, асистент,
Кржистов Лукасик, докторДОСВІД КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВИТЯГУВАННЯ
КОРОБЧАСТИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАГОТОВОК, РОЗРАХОВАНИХ МЕТОДОМ
ПОТЕНЦІАЛУ

Дослідження технологічного процесу витягування порожнистих виробів коробчастої форми до останнього часу ведуться різними авторами [1-3], але на відміну від процесу витягування вісесиметричних виробів далеко не завершено. Так, залишається відкритим питання визначення раціональної форми заготовки та проміжних переходів при багатоопераційному витягуванні. Раціональна форма заготовки забезпечує ефективне використання матеріалу та мінімальну кількість операцій, а відтак і високі ресурсозберігаючі складові технологічного процесу. Рекомендації побудови конфігурації заготовок для коробчастих виробів [1-3] ґрунтуються переважно на виробничій практиці і експериментальних дослідженнях. До того ж у різних авторів рекомендації побудови контуру заготовки та форми і розмірів переходів суттєво відрізняються в залежності від відносних параметрів (відносної висоти, відносного радіуса і т.д.) [1-3]. Методику розрахунку розмірів і форми заготовок методом потенціалу швидкостей деформації наведено в публікації [4]. Було отримано контури заготовок для витягування відносно низьких ($H/B < 0,6 \pm 0,7$) і відносно високих ($H/B > 1,0 \pm 1,2$) деталей квадратної і прямокутної форми. Для перевірки оптимальності отриманих методом потенціалу форм заготовок та переходів було проведено моделювання процесу витягування з використанням пакету моделювання CAD/CAE DFORM-3D. Результати моделювання наведені на рисунку.



Література:

1. Романовский В.П., Справочник по холодной штамповке, - Л: Машиностроение, 1979.
2. Вайнтрауб Д.А., Технологические расчеты при вытяжке высоких прямоугольных деталей. - Л: Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1969.
3. Пластическое формоизменение металлов; Гун Т.Я., Полукин П.И., Полукин В.П. та ін. - М.: Издательство «Металлургия», 1968. - 420 с.
4. Стеблюк В.І, Холявік О.В., К. Лукасик "Моделювання процесу витягування коробчастих виробів", Вестник Национального технического университета Украины „Киевский политехнический институт” Вып. 52, 2008 г.

УДК 621.357.7

О.В. Мозговий, канд.техн.наук

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
м.Вінниця, УкраїнаРОЗСІЯННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МАТЕРІАЛАХ З НЕОДНОРІДНИМ
РОЗПОДІЛОМ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Використання традиційних матеріалів у сучасних умовах високих вимог до експлуатаційних характеристик машин і механізмів не задовольняє конструкторів. Тому застосування нових технологій дає змогу підвищити надійність, знизити матеріальні витрати і забезпечити високий ресурс деталей виробу. Одним із таких технологічних факторів є поверхнева пластична деформація – алмазне вигладжування. У результаті забезпечується достатня міцність, точність розмірів і чистота поверхні деталі, значно підвищуються втомлені властивості матеріалу.

Механіко-термічна обробка і фінішна поверхнева пластична деформація створюють у деталях особливий енергонасичений поверхневий шар, завдяки якому значно поліпшуються їхні експлуатаційні характеристики. Наявність такого шару дає змогу розглядати такі матеріали, що мають неоднорідний розподіл властивостей по об'єму.

У роботі досліджено сталі зразки, які вирізані із валу газотурбінного двигуна, що пройшов повний технологічний цикл виготовлення з фінішною обробкою алмазним вигладжуванням з різною величиною прикладеної сили - від 50 Н до 300 Н. Вали є найбільш навантаженими деталями двигуна, які піддаються дії знакозмінних, відцентрових дій, а також різноманітним коливанням і вібраціям.

Прогноз надійності, оцінка залишкового ресурсу, терміни проведення профілактичних і ремонтних робіт дають дослідження не тільки локальних дефектів, але і знання фізико-механічних характеристик, які можна отримати також методами неруйнуючого контролю або провівши теоретичні розрахунки.

Досліджували вплив алмазного вигладжування на вільні поперечні коливання звукової частоти сталених пластин ($2 \times 3 \times 100 \text{ мм}^3$) з неоднорідними механічними властивостями. Для аналізу отриманих результатів була розроблена програма Damping, що дозволяє проводити частотно-смуговий аналіз об'єднаної сигналу записаної розгортки в часі вільних механічних затухаючих коливань досліджуваних зразків.

Експериментальні дані декременту коливань узгоджуються з теоретичними розрахунками розсіяння механічних коливань багатоперіодичного стержня, виходячи із нелінійної залежності між напруженнями і деформаціями, яка описує розсіяння енергії.

Розглянута і обернена задача, у якій за необхідними механічними характеристиками деталей задаються оптимальні варіанти технологічного процесу фінішної поверхневої пластичної деформації.

Запропонований підхід до вивчення розсіяння механічної енергії неоднорідними матеріалами дає змогу прогнозувати поведінку таких матеріалів під час експлуатації і задавати необхідні механічні характеристики зміною режимів технологічних операцій.

УДК 621.77.07

І.П. Азарх, студ., В.І. Стеблюк, проф.

НТУ України "Київський політехнічний інститут", м.Київ, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИТЯГУВАННЯ-ВОЛОЧІННЯ ОСОБЛИВО ТОНКОСТІННИХ ТРУБЧАСТИХ ВИРОБІВ

Відомі широкі можливості виготовлення особливо тонкостінних порожнистих трубчастих виробів із забезпеченням високої якості внутрішньої і зовнішньої поверхні і незначній різностінності шляхом волочіння через похилі матриці, що обертаються.

Метою даної роботи є вдосконалення пристрою для спрощення визначення оптимальних режимів витягування-волочіння особливо тонкостінних порожнистих трубчастих виробів в похилих матрицях.

Сутність процесу волочіння через похилі матриці, що обертаються полягає в створенні особливого взаємного коливального руху оправки і матриць, що її охоплюють.

Обладнання, на які встановлювались вказані пристрої і проводились експерименти було: токарні верстати, фрезерні верстати, свердлильні верстати, або спеціальні волочильні стани з використанням допоміжних гідроприводів для забезпечення повздовжнього руху, а також додаткових двигунів для обертального руху інструменту і заготовки.

Спільним недоліком є те, що кут нахилу матриці, в усіх варіантах цих установок, постійний [1,2]. Це ускладнює визначення оптимальних режимів витягування і вимагає значних матеріальних і часових затрат при виготовленні інструменту з оптимальною геометрією робочої частини. Зокрема для виготовлення деталі «Наконечник» ($H/d=15$; $S/d=0.015$) при пошуку оптимального режиму на відпрацювання виготовлення даної деталі пішло більше часу ніж на виготовлення самого пристрою. Це викликано тим, що при зміні кута нахилу приходиться вносити значні конструктивні зміни в пристрій.

З метою зниження затрат часу і матеріалів на знаходження оптимальних режимів, нами запропонована конструкція пристрою для витягування особливо тонкостінних порожнистих трубчастих виробів (рис.1), в якій передбачено механізм, що дозволяє навіть в процесі витягування змінювати кут нахилу матриці [3].

При проектуванні особливо увагу приділяли визначенню відношення кутової і осьової швидкості. Оскільки сили тертя в локальних осередках деформації мають протилежний напрямок, то при певному співвідношенні цих швидкостей можна розвантажити стінку від розтягуючи напружень.

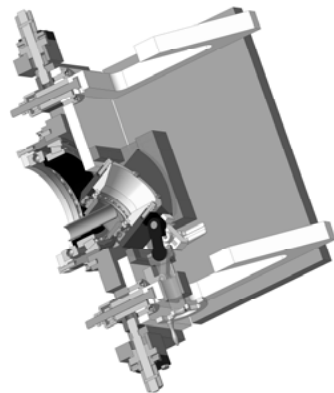


Рис.1. Пристрій для витягування особливо тонкостінних трубчастих виробів (поперечний переріз)

1. Гуляев Б.А., Максак В.И., Севастьянов В.М., Смалев Ю.И., Черноморченко В.И. Ротационное утонение трубчатых заготовок различных поперечных сечений наклонными матрицами. – «Вестник машиностроения», 1976, №6

2. Корякин Н.А., Глухов В.П., Плющев Ю.И., Сальников Н.А. «Деформация трубных заготовок качающимся инструментом» - Сб. «Исследования машин и технология обработки металлов давлением» вып. V, Ижевск 1975год

3. Стеблюк В.І., Азарх І.П., Розов Ю.Г. Позитивне рішення №и200810762 на корисну модель «Пристрій для витягування особливо тонкостінних виробів» Укрпатент, 2008 рік.