



УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ШЛІФУВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (PhD)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технології машинобудування</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин/ 5 кредитів ЕКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекції -1,5 раз на тиждень, самостійна робота - 2 рази на тиждень.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор технічних наук, професор, Петраков Ю.В., т.0683565479</i>
Розміщення курсу	<i>G-Suit, Telegram, ЕК, Google classroom, тощо</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Мета викладання навчальної дисципліни полягає у вивченні методів управління процесами шліфування, зокрема на верстатах з ЧПК. Представлено загальні методи та принципи управління, пристосовані до процесів шліфування. Процеси шліфування розглядаються як об'єкти, що управляються і потребують перманентного управління для їх оптимізації. Проектування законів управління пропонується виконувати на підставі математичних моделей різних процесів шліфування, з урахуванням замкненості пружної технологічної обробляючої системи. Вперше розглянуті динамічні явища при шліфуванні, розроблені математичні моделі і програмні засоби, які дозволяють моделювати утворення хвилястості і ограновування поверхні при плоскому і круглому шліфуванні. Процес проектування передбачає стадію моделювання, яке виконується чисельними методами і визначає головну характеристику процесу різання – швидкість зрізування припуску (Material Removal Rate). Представлені численні прикладні програми моделювання різних процесів шліфування і проектування управляючих програм для шліфувальних верстатів з ЧПК.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни аспіранту необхідні знання з таких дисциплін як «Вища математика», «Теорія автоматичного управління технологічними системами», «Теорія різання», «Технологія машинобудування». Результатах навчання з даної дисципліни допоможуть створювати сучасні розробки при вирішенні актуальних питань удосконалення процесів формоутворення в дисертації доктора філософії.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 Вступ. Загальні принципи управління шліфуванням.

Тема 2 Динамічні явища при шліфуванні. Методи математичного моделювання.

Тема 3 Проектування управління круглим шліфуванням на ЧПК.

Тема 4 Проектування управління з дискретною подачею на ЧПК.

Тема 5 Управління процесами шліфування з високими швидкостями формоутворення.

Тема 6 Шліфування некруглих поверхонь.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література:

- 1 Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Под ред. Н. М. Капустина – М.: Высшая школа, 2004, – 415 с.*
- 2 Главная передача и дифференциал http://stroy-technics.ru/gallery/jekspluatacija-avtotransportnyh-sredstv/image_14_32.gif*
- 3 Никитенко В.М., Курганова Ю.А. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки. Ульяновск, 2010. – 68с. <http://window.edu.ru/resource/788/71788/files/ulstu2010-54.pdf>*
- 4 Мир станкостроения и технологий. Шлифование, №11, 2015 // www.metstank.ru/pdf/nr11nov2015.pdf*
- 5 Киселёв И.А., Воронов С.А., Ширинов А.А., Иванов И.И. Имитационная динамическая модель процесса шлифования сложнопрофильных деталей. Расчет сил шлифования и моделирование динамики обработки // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана, Электрон. журн. 2015, № 10, С. 47–64. <http://technomag.edu.ru>*
- 6 Кремень З.И., Юрьев В.Г., Бабошкин А.Ф. Технология шлифования в машиностроении // СПб.: Политехника, 2015. – 424 с.*
- 7 Железна А.О., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань. Житомир: ЖІТІ, 2002.-616с.*
- 8 Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. – УкрНДІАТ, Київ, 2004.-384с.*
- 9 Петраков Ю.В. Загальні принципи управління шліфуванням / Сб. Вестник Национального технического университета Украины «КПИ», №46, 2005. – С.55-60*
- 10 Петраков Ю.В., Паньків К.М. Визначення параметрів шару припуску, що зрізується при 3-D обробці Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. К.: 2008. – №52. С.262-267.*
- 11 Петраков Ю.В., Пасічник В.А. Проектування формоутворюючих рухів для оброблення складних 3-D поверхонь на верстатах з ЧПУ / Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. К.: 2008, №54. – С.24-30.*
- 12 Петраков Ю. В., Ван Цичень. Управление шлифованием внутренних сферических поверхностей / Сб. Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем, Краматорськ, вип. № 24, 2009. – С.169-176.*
- 13 Петраков Ю.В, Писаренко В.В. Підготовка геометричної моделі штучного суглоба людини до виготовлення на верстаті на верстаті з ЧПК // Вісник НТУУ “КПІ” Машинобудування, 2010. – С.64-69.*
- 14 Петраков Ю.В., Писаренко В.В. Підготовка програми шліфувального верстату з ЧПК для виготовлення штучного суглоба людини // Сб. ДонНТУ, 2010. – С.200-209.*

- 15 Петраков Ю.В., Кравець Н.А. Моделивання утворення хвилястості і ограновування поверхні при плоскому шліфуванні / Міжсвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки», вип. 31, Луцьк, 2011. – С. 245-252.
- 16 Петраков Ю.В. Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПУ, Січкара, Київ – 2011, 221с.
- 17 Петраков Ю.В., Писаренко В.В. Визначення бездефектного режиму шліфування титанових сплавів // Процеси механічної обробки в машинобудуванні, Зб. наук. пр. ЖДТУ №10, 2011.– С.285-296.
- 18 Петраков Ю.В., Писаренко В.В. Simulation of grinding process of 3-D surface artificial knee-joint // Вісник НТУУ «КПІ» №61, 2011. – С.208-211.
- 19 Петраков Ю.В., Драчев О.И. Автоматическое управление процессами резания: учебное пособие. Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 408с.
- 20 Петраков Ю.В., Чамата С.М. Проектування управляючих програм для шліфування оправок станів холодної прокатки труб на верстаті з ЧПК // Вісник НТУУ «КПІ» Машинобудування №69, Київ, 2013. – С.51-57.
- 21 Петраков Ю.В. Моделирование отклонения формы поверхности при круглом шлифовании / Інформаційні технології в освіті та виробництві, 2013, вип. 1(2). – С.63-71.
- 22 Петраков Ю.В. Программирование операций врезного круглого шлифования на станках с ЧПУ // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1 (70) 2014. – С.10-18.
- 23 Петраков Ю.В., Середа А.М. Правка шліфувальних кругів для шліфування доріжок гайок кочення на верстаті з ЧПК. Наукові нотатки Міжсвузівський збірник, технічні науки, вип.,.49, Луцьк, 2015 С.123-130.
- 24 Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мецерыкова, А. Г. Сулова -М.: Машиностроение-1, 2003, 944с.
- 25 Технология машиностроения в 2-х томах под ред. Г.И.Мельникова. М.:МГТУ им. Н.Э.Баумана, т.1, 1999.-564с.
- 26 Технология машиностроения в 2-х томах под ред. Г.И.Мельникова. М.:МГТУ им. Н.Э.Баумана, т.2, 1999.-640с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема	Зміст	Лекції	Самостійна робота
Тема 1 Вступ. Загальні принципи управління шліфуванням.	Шліфування є, як правило, фінішною операцією технологічного процесу виготовлення деталі. Тому до цієї операції висуваються високі вимоги за якістю обробленої поверхні і точності геометричних розмірів. Крім того, шліфування виконується абразивним чи алмазним інструментом, що суттєво відрізняє його від процесів лезової обробки, оскільки різання відбувається не спеціально підготовленими різальними кромками інструменту, а хаотично розташованими різальними зернами. З цієї причини шліфування характеризується високою тепло напруженістю, що може спровокувати небажані фазові перетворення	4	

	<p>поверхнього шару металу деталі, так званий припал. Виникаючі при цьому напруження в поверхневому шарі можуть привести до утворення тріщин, що є невинним браком.</p> <p>Відомо, що головною характеристикою будь-якого процесу різання, у тому числі шліфування, яка визначає його енергетичні показники є швидкість зрізування припуску – Material Removal Rate (MRR). Від цієї характеристики залежать як сила, потужність різання, так і температура поверхнього шару. Закони управління фактичною швидкістю видалення припуску. На етапі врізання і далі при процесі різання, що встановився, пружні деформації, які також залежать від фактичної швидкості зрізування припуску, не мають перевищувати певної допустимої величини. Вимоги, що формують граничний закон управління у фазових координатах: фактичний припуск – фактична швидкість зрізування припуску. Прикладна програма моделювання.</p>		
<p>Тема 2</p> <p>Динамічні явища при шліфуванні. Методи математичного моделювання.</p>	<p>Оцінити якісно і кількісно процес виникнення коливань при плоскому шліфуванні можливо тільки через його математичну модель, яка адекватно відображає динамічні явища, що відбуваються в реальній ТОС і дозволяє оцінити вплив всіх головних параметрів процесу на утворення хвилястості, з'ясувати причини і умови переходу хвилястості в огранку, запропонувати методи усунення таких негативних явищ. Залежність динамічних процесів, що провокують появу на поверхні хвилястості або огранки, від параметрів технологічної обробляючої системи (ТОС) і від режиму різання. Умови вибору режиму різання з урахуванням динамічних характеристик ТОС. Вибір режиму різання при підготовці операції і його може варіювання в певному діапазоні за апостеріорною інформацією. Динамічний характер збурень, що діють на ТОС при різанні та їх залежність від збігу складових режиму різання. Етапи технологічної підготовки операції і урахування динаміки при кінцевому виборі режиму шліфування. Управління при контурному шліфуванні. Управління при малій жорсткості ТОС. Прикладна програма моделювання.</p>	4	2
<p>Тема 3 Проектування управління круглим</p>	<p>Математична модель круглого урізного шліфування. Схема зрізування припуску, пружна ТОС круглошліфувального</p>	8	2

шліфуванням на ЧПК.	верстату. Функціональна схема круглого урізного шліфування. Ітераційний метод проектування оптимального управління. Ступінчастий закон управління поперечною подачею при урахуванні зношування шліфувального круга і без зношування. Варіаційна задача оптимального управління. Алгоритм вирішення варіаційної задачі. Проектування оптимального закону управління поперечною подачею при круглому урізному шліфуванні з використанням ітераційного алгоритму. Прикладна програма моделювання.		
Тема 4 Проектування управління з дискретною подачею на ЧПК.	Схеми шліфування з дискретною поперечною подачею. Структурна схема багатопрохідного шліфування. Алгоритм проектування закону управління дискретною поперечною подачею. Проектування програми формоутворення при шліфуванні оправки станів холодної прокатки труб. САМ-система автоматизованого проектування управляючої програми для шліфувального верстату з ЧПК. Ітеративний алгоритм визначення залежності кутової швидкості обертання деталі від поперечної подачі. Експериментальне визначення обмежень закону управління процесом різання. Вплив вібрації системи на формування хвилястості і ограновування (chatter) поверхні.	8	2
Тема 5 Управління процесами шліфування з високими швидкостями формоутворення.	Особливості процесів шліфування з високими швидкостями формоутворення. Експериментальне визначення характеристик високошвидкісного процесу формоутворення при шліфуванні. Блок-схема алгоритму проектування оптимального закону управління. Моделювання процесу шліфування з високими швидкостями. Алгоритм моделювання зрізування припуску при 3D обробленні. Проектування траєкторій холостих рухів. Переріз оберненої схеми формоутворення перпендикулярно осі С верстату з ЧПК. Прикладна програма моделювання.	8	4
Тема 6 Шліфування некруглих поверхонь.	Особливості процесів шліфування не круглих поверхонь, схеми формоутворення взаємодія інструменту і заготовки. Проектування закону управління частотою обертання шпинделя при шліфуванні вирубного штамп. Програма моделювання. Шліфування зовнішньої зірочки кулачкового диференціалу. Програма моделювання. Робоча зона шліфувального CNC верстата фірми Studer. Визначення цифрової моделі профілю. Схема взаємодії шліфувального круга і заготовки та	4	4

	<i>алгоритм визначення дуги різання. Управління частотою обертання шпинделя деталі на шліфувальному верстаті з ЧПК. Математичні моделі, прикладні програми моделювання.</i>		
Екзамен			2

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота передбачена за темами:

Тема 1 Вступ. Загальні принципи управління шліфуванням.

Тема 2 Динамічні явища при шліфуванні. Методи математичного моделювання.

Тема 3 Проектування управління круглим шліфуванням на ЧПК.

Тема 4 Проектування управління з дискретною подачею на ЧПК.

Тема 5 Управління процесами шліфування з високими швидкостями формоутворення.

Тема 6 Шліфування некруглих поверхонь.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку(-10 балів). Перескладання заліку відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 20%.

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання, за яке нараховуються бали. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в on-line формі за погодженням із керівником курсу.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 63 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- можливість зарахування статей, виданих за кордоном

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доктор технічних наук, професор

Юрій ПЕТРАКОВ

Ухвалено кафедрою технології машинобудування (протокол № 6 від 18 січня 2021р)

Погоджено Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 7 від 19.02.2021)