

Зміцнення бочки валків гарячої прокатки із матеріалу СШХН і СПХН проводиться середньо вуглецевими хромистими матеріалами з твердістю робочої поверхні 53-57HRC. Дана технологія дозволяє збільшити стійкість валків в 4,5 рази.

Висновки та рекомендації. Переваги, які досягаються при відновленні чавунних валків наплавленням і мікроплазмовим зміцненням:

Створюється свій парк валків з постійним максимальним діаметром, що дозволяє зберігати на весь період експлуатації оптимальні умови прокатки;

Підвищується стійкість прокатних валків, отже, скорочується кількість перевалок, покращується якість прокату (завдяки малому зносу калібрів); зносостійке наплавлення в 5-6 раз більш ефективні, ніж пряме відновлення калібрів;

Збільшується загальний строк служби прокатних валків;

З'являється можливість регулювати твердість і склад шару, що наплавляється.

Структура зміцненого шару, що характеризується високою дисперсністю, аномально великою твердістю, зниженою хімічною активністю впливає на експлуатаційні характеристики зміцнених матеріалів - зносостійкість, фрикційні властивості, механічні характеристики, теплостійкість, величину і характер розподілу залишкових напруг.

Таким чином при зміцненні з застосуванням високотемпературних джерел нагрівання зношених поверхонь чавунних валків їх строк служби за даними заводської практики підвищується в середньому на 27%.

Отже, відновлення зношених поверхонь чавунних валків наплавленням і мікроплазмовим зміцненням збільшує їх довговічність.

Список літератури

1. Мерзляков В.И. Обработка и ремонт прокатных валков. – М.: Metallurgizdat., 1957. – 224 с.
2. Технические условия ТУ У 27.5-24432974-001-2003. Валки сортопрокатные литые чугунные.
3. Мерло О.Э. Качество чугунных прокатных валков. – М.: Metallurgiya, 1966. – 246 с., ил.
4. Микроплазменная сварка/Под ред. Б.Е. Патона. – Киев: Наук. думка, 1979. – 245с.
5. Кобяков О.С., Гинзбург Е.Г. Использование микроплазменного нагрева в процессах упрочняющей технологии // Автоматическая сварка. – 1985. – № 5. – 65-67с

Рукопис подано до редакції

УДК 621.11.002 (075)

М.В. КІЯНОВСЬКИЙ, доктор техн. наук, проф., С.О. ІВАСЮК, магістрант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ (ВИЗНАЧЕННЯ) ДОПУСТИМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ОБРОБЦІ НЕЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. До нежорстких відносять вали, відношення довжини до діаметру яких більше 10. При обробці таких валів вони прогинаються під дією ваги і сил різання, що суттєво затрудняє процес їх обробки. Основні складнощі полягають головним чином у тому, що навіть при невеликих силах різання пружна система легко деформується і при цьому виникають значні похибки обробки. Для запобігання цих шкідливих явищ на практиці застосовують різні міри. Для підвищення жорсткості оброблюваної деталі встановлюють додаткові опори у вигляді рухомих та нерухомих люнетів. Також часто виникає необхідність різко знизити режими різання за рахунок зменшення швидкості і глибини різання. Однак в багатьох випадках зазначені міри знижують продуктивність і можуть давати незадовільні результати такі, як бочкоподібність, невідповідність отриманих розмірів заданим і т.ін. Це, в свою чергу, вимагає здійснення додаткових проходів різцем з надмалими глибинами різання, а інколи навіть застосовують ручне спилування.

Величина пружних деформацій залежить також від ступеню затуплення ріжучих інструментів і їх геометрії. При затупленні ріжучого інструменту сила різання зростає, і її радіальна складова може досягати двократного підвищення. В такій же мірі підвищується величина радіальної пружної деформації і пов'язана з цим похибка. З геометричних елементів ріжучих інструментів на величину пружних деформацій найбільш суттєво впливає головний кут в плані і

передній кут. Зі зменшенням головного кута в плані радіальна складова сили різання P_y і величина радіальної деформації підвищується. Наприклад, якщо зменшити головний кут в плані різця з 90° до 45° то радіальна складова сили різання P_y збільшиться приблизно вдвічі. При збільшенні переднього кута сила різання і пружні деформації зменшуються.

Отже головною умовою досягнення необхідної точності обробки нежорстких валів за критеріями допустимих пружних деформацій є визначення оптимальної сили різання, а точніше радіальної її складової P_y .

Аналіз досліджень і публікацій. За [3] віджимання u_{max} можна вирахувати по звичайним формулам опору матеріалів. При точінні нежорсткого валу, встановленого у центрах, можна визначити величину максимального прогинання як прогин балки, що вільно лежить на двох опорах.

Найбільший прогин (стріла прогину) по середині валу буде визначатись за формулою (1)

$$u_{max} = P_y \cdot l^3 / 48 \cdot E \cdot J; \quad (1)$$

де P_y - радіальна складова сили різання; l - довжина заготовки; E - модуль пружності; J - момент інерції перетину заготовки.

Для круглого валу момент інерції перетину заготовки визначається за формулою (2)

$$J = 0,05 \cdot d^4; \quad (2)$$

Прогин валу у перетині прикладання різця, розташованому на відстані x від передньої бабки за формулою (3)

$$u_{max} = P_y \cdot x^2(t-x)^2 / 3 \cdot E \cdot J \cdot l; \quad (3)$$

Після визначення стріли прогину для конкретного випадку отримане значення порівнюють з допуском на відповідний розмір. За рекомендаціями максимально допустимий прогин валу під дією радіальної складової сили різання P_y складає 50% допуску на оброблюваний розмір.

Якщо за результатами розрахунку прогин більше половини поля допуску на оброблюваний розмір то необхідно змінити параметри обробки і зменшити величину радіальної складової сили різання P_y . Звичайно, такий розрахунок застарілий і не досить достовірний так, як вал в даному випадку представлений у вигляді балки (тобто гладкий) а в більшості випадків ми маємо справу з обробкою ступінчастих валів, для яких буде досить складно розрахувати стрілу прогину.

Постановка задачі. Задачею даного дослідження є встановлення закономірностей по призначенню параметрів обробки, що гарантують досягнення точності обробки за критеріями допустимих пружних деформацій деталі. Ці пружні деформації пов'язані головним чином з дією сили різання.

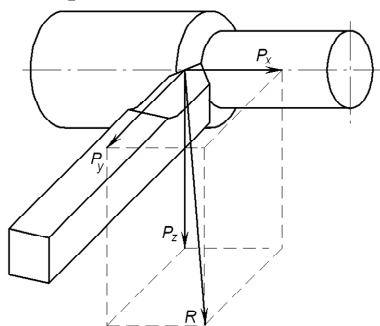


Рис. 1. Складові сили різання при точінні

Розглянемо цю дію на прикладі процесу токарної обробки нежорсткого валу. Величину пружної деформації, що виникає під дією сили різання, можна представити як геометричну суму деформацій ZYX в напрямках дії трьох складових сили різання P_z, P_y, P_x - рис. 1.

Сила P_x - осьова складова, що діє вздовж осі заготовки паралельно напрямку подачі. Ця складова визначає навантаження механізму подачі верстата.

Ці сили, а також деформації, що виникають під дією цих сил впливають на точність обробки неоднаково: вплив деформації X на точність обробки прирівнюється до нуля; вплив деформації Z досить незначний і відзначається лише на початку процесу обробки. Похибка, що виникає у зв'язку з деформацією Y найбільша. Це пояснюється тим, що деформація Y направлена перпендикулярно до оброблюваної поверхні, а деформації X і Z - дотично до неї. Звідси слідує, що найбільший вплив на точність обробки здійснює пружна деформація Y , яку створює радіальна складова сили різання P_y .

На підставі викладеного можна підвести підсумок: суть дослідження буде полягати у визначенні допустимої сили різання, а саме радіальної її складової P_y , яка б створювала задовільні умови для обробки нежорстких деталей із заданою точністю.

Вибір методу досліджень. Дослідження будуть проводитись на основі кінцево-елементних методів, які, на сьогоднішній день, стали стандартом при рішенні задач механіки твердого тіла.

Кінцево-елементні (КЕ) методи є невід'ємною частиною інженерного аналізу і розробок. КЕ пакети використовуються практично у всіх сферах науки, що стосуються аналізу будівельних конструкцій, твердих, рідких тіл, а також їх взаємодії. Важливою властивістю цих методів, яка зіграла вирішальну роль у виборі методу досліджень, є можливість їх використання в комп'ютерному моделюванні з досить великою часткою упевненості в їх надійності.

Для проведення досліджень був обраний програмний продукт SolidWorks, а саме інтегрований у нього модуль [SolidWorks Simulation](#) (COSMOSWorks), який базується на методі кінцевих елементів (МКЕ).

Даний програмний засіб використовує МКЕ як чисельний метод аналізу технічних конструкцій. МКЕ прийнятий як стандартний метод аналізу завдяки його універсальності і придатності для роботи на комп'ютерах. МКЕ ділить модель на багато малих частин простих форм, званих елементами, що ефективно замінюють складне завдання декількома простими, які необхідно вирішити спільно. Елементи мають спільні точки, що називають вузлами. Процес ділення моделі на малі частини називається створенням сітки. Реакція в будь-якій крапці елемента інтегрується з реакції вузлів елементів. Кожен вузол повністю описується рядом параметрів, що залежать від типу аналізу і елемента, що використовується.

Програмне забезпечення розробляє рівняння, що керує поведінкою кожного елемента, враховуючи його з'єднання з іншими елементами. Ці рівняння зв'язують реакцію з відомими властивостями матеріалу, обмеженнями і навантаженнями. Далі програма упорядковує рівняння у велику систему спільних рівнянь алгебри і знаходить невідомі. Наприклад, для розрахунку напруги програма знаходить переміщення в кожному вузлі, а потім обчислює деформації і кінцеву напругу.

Необхідно проаналізувати пружні віджимання, тобто переміщення (прогинання) ділянки валу під дією сили різання. Отже, треба провести статичне дослідження.

Проведення досліджень, обробка, знаходження форм представлення результатів та умов їх використання.

Етапи дослідження:

Побудова 3D моделі, для якої буде проводитись дослідження. У даному випадку - побудова нежорсткого валу ($L = 2405$; $D = 200$; відношення $L/D \approx 12$).



Рис. 2. Модель нежорсткого валу

Створення дослідження - статичний аналіз.

Призначення матеріалу деталі (деталей). В нашому випадку обираємо матеріал - легована сталь (**SS**).

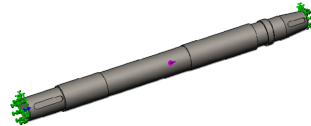
Вибір виду підтримки (кріплення) деталі. Деталь буде підтримуватись з 2-х торців кріпленням «Фіксована геометрія».



Рис. 3. Фіксація торців валу

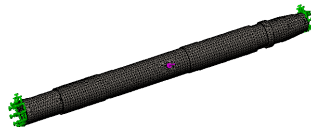
Прикладення навантажень (сил, моментів і т.ін.). У даному випадку, прикладення сили різання (1000 Н) до циліндричної поверхні у центрі деталі (так як саме в цьому місці буде найбільший прогин), що сконцентрована на незначній площі (максимально можливо наближеній до площі контакту різця з деталлю) і направлена перпендикулярно осі валу.

Рис. 3. Прикладення сили до валу



Вибір параметрів і створення сітки кінцевих елементів. Для нашого випадку використаємо наступні параметри сітки: стандартна; глобальний розмір 20,3716511 мм; допуск 1,01858256 мм.

Рис. 4. Вал з сіткою кінцевих елементів

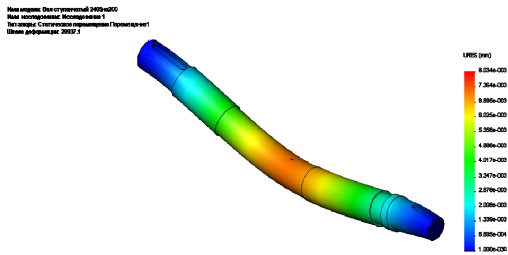


Запуск дослідження.

Перегляд, оцінка і обробка результатів дослідження.

Після запуску дослідження був отриманий стандартний набір епюр: напружень, переміщень і деформації з наочним відображенням змодельованої деталі. Мета дослідження полягала у виявленні величини прогину, яку ми бачимо на епюрі переміщень (рис. 5).

Рис. 5. Епюра переміщень



Представлення результатів дослідження.

Як ми бачимо з епюри переміщень валу (рисунок 5) максимальний прогин під дією сили 1000 Н, прикладеної по середині валу складає приблизно 8 мкм. Заявлена точність поверхні, до якої була прикладена сила, виражена через допуск T на діаметральний розмір даної поверхні складає $T = 46$ мкм. Якщо прийняти допустимий вплив прогину під дією сили різання

на точність обробки 50% поля допуску на відповідний розмір T то допустима величина прогинання буде 23 мкм.

У даному випадку прогин складає 8 мкм, отже в межах даного дослідження можна гарантувати відсутність браку за критерієм допустимих пружних деформацій.

По викладеній методиці проводимо аналогічні дослідження з іншими значеннями сили різання для виявлення інтервалу допустимих сил різання. Проведені дослідження показали, що для даного валу максимально допустиме значення радіальної складової сили різання буде 2863Н, прогин під дією якої складає 23 мкм, що відповідає половині поля допуску на оброблюваний розмір.

Оцінка ефективності прийняття технологічних рішень за наведеною методикою. На точність обробки нежорстких деталей впливають, окрім величини прогинання під дією сили різання, багато факторів, таких як точність верстату, похибка базування, похибки виготовлення і зносу установчих елементів пристосування (наприклад кулачків токарного патрону), знос інструменту і т.ін. Із наведеного виходить, що ефективність прийняття технологічних рішень на основі результатів в даному випадку цілком залежить від кваліфікації працівника. Прийняте технологічне рішення має давати гарантію відсутності браку ще до початку процесу обробки.

Висновки. Наукова новизна роботи полягає у вдосконаленні методики вибору параметрів обробки нежорстких деталей із застосуванням засобів автоматизованого статичного аналізу, а саме програмного продукту SolidWorks і інтегрованого у нього модуля SolidWorks Simulation (COSMOSWorks), який базується на методі кінцевих елементів (МКЕ).

Розроблена методика дозволяє заздалегідь передбачити вплив конкретного значення сили різання на пружні віджимання (прогин) нежорсткої деталі в процесі механічної обробки. Отримані результати дозволяють коригувати параметри обробки відповідно до вимог точності з метою передбачення і усунення браку до початку процесу обробки.

За даною методикою можливо проводити аналіз великої кількості конфігурацій деталей з різними властивостями матеріалів. Простота методу сприяє досить легкому і швидкому оволодіння методикою і не потребує багато часу на проведення аналізу.

Недоліками цієї методики є значні складності при спробі врахувати дію таких факторів, як температура в зоні обробки, знос і геометричні параметри ріжучого інструменту, вплив дії моменту різання та ін.

Список літератури

1. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел / Изд-во «Основа» при Харьк. ун-те, 1991. – 272 с.
2. Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике/БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения. Учебник. – М.: Высшая школа, 1985.

Рукопис подано до редакції 05.04.13