

УДК 621

С.А. Заболотний

Вінницький національний технічний університет

Технологія наплавлення отворів зі зменшеними температурними похибками

Обґрунтовано доцільність керування потужністю зварювальної дуги в процесі наплавлення покриттів на поверхні деталей складної конфігурації. Показано, що така технологія наплавлення дозволяє зменшити перепади температур та вирівняти поле напружень в деталі, які є причиною спотворення її геометрії.

технологія, наплавлення, напруження, деформації, похибки

Вступ

Важливі експлуатаційні якості деталей, такі як довговічність, безвідмовність, тривалість зберігання точності і характеру посадок, міцність, корозійна стійкість та ін. залежать від конструктивних форм і точності виготовлення деталі, складу і структури матеріалу, його фізико-механічних властивостей. Саме цим чинникам приділяють увагу автори [1, 2, 3]. Проте й досі недостатньо досліджено вплив історії виготовлення (технології) на якість деталей, зокрема на стан поверхні та матеріал деталі в цілому, приховану енергію, запас стабільності фаз тощо. Вплив технологічної спадковості на службові характеристики деталей настільки значна, що забезпечити необхідні показники надійності машини неможливо без її врахування.

Так, зокрема, під час наплавлення функціональних покриттів на поверхні отворів деталей машин відбувається розповсюдження температури по об'єму матеріалу [4, 5]. Нерівномірність розповсюдження тепла спричиняє формування в матеріалі деталі різних за величиною та знаком напружень. Після досягнення у певних об'ємах деталі значень напружень вище границі текучості матеріал пластично деформується, що зумовлює після остигання залишкові напруження та деформації. Деталь змінює геометричні параметри, що вимагає додаткових переходів обробки та відповідних припусків. Якщо ж температурні перепади виростуть настільки, що теплові напруження досягнуть границі міцності матеріалу, то стає реальною поява мікротріщин, які негативно вплинуть на надійність деталі. Важливо не тільки зменшувати рівень температур деталі, скільки мінімізувати (вирівняти) їх перепади.

Основна частина

З метою вирівнювання в матеріалі температурного поля, яке виникає під час нанесення покриттів шляхом наплавлення, запропоновано та досліджено можливість та ефективність динамічного керування тепловим потоком в деталь через зміну потужності зварювальної дуги. З цією метою здійснено моделювання теплових процесів в деталі при наплавленні покриттів з використанням методу кінцевих елементів [6]. Зокрема, досліджувався процес наплавлення покриття на поверхню отвору групи деталей з метою відновлення зношеного в процесі експлуатації шару металу. Характерною особливістю групи деталей, що моделюються, є наявність циліндричної частини із отвором та елементу тепловідведення, що несиметрично розташований по відношенню до циліндричної частини. Для цього, в якості прикладу,

було використано створену твердотільну об'ємну модель кулака поворотного (рис. 1, а), та її кінцево-елементний аналог (рис. 1, б). Нагрівання отвору відбувається тепловим потоком від зварювальної дуги, що по чергово діє на його ділянки (рис. 2, а), які виділені в моделі. Від ділянки, що нагрівається, тепло розповсюджується в тіло деталі.

Досліджувалась доцільність впливу на температурне поле та похідні температурні напруження в матеріалі навколо отвору з метою вирівнювання їх нерівномірності шляхом зміни потужності дуги під час наплавлення в залежності від її положення. Для цього в першому наближенні отвір деталі поділено на дві половини: одна примикає до масивної частини (1), що є тепловим акумулятором, а інша (2) - протилежна їй (рис. 2, а).

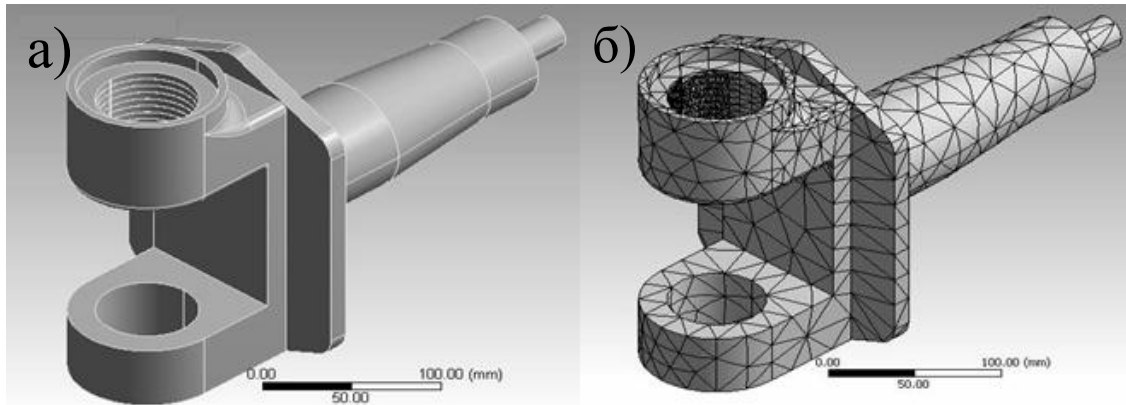


Рисунок 1 – Твердотільна модель групи деталей (а) та її кінцево-елементний аналог (б)

Модельні дослідження проведено для трьох випадків. У першому випадку наплавлення проводилось із сталою потужністю. У другому на половині 2 тепловий потік, що визначається потужністю на дузі, збільшувався на 10%, а на половині 1 відповідно зменшувався на 10% від початкового значення. У третьому випадку на половині 2 потужність на дузі зменшувалась на 10%, а на половині 1 відповідно збільшувалась на 10% від початкового значення.

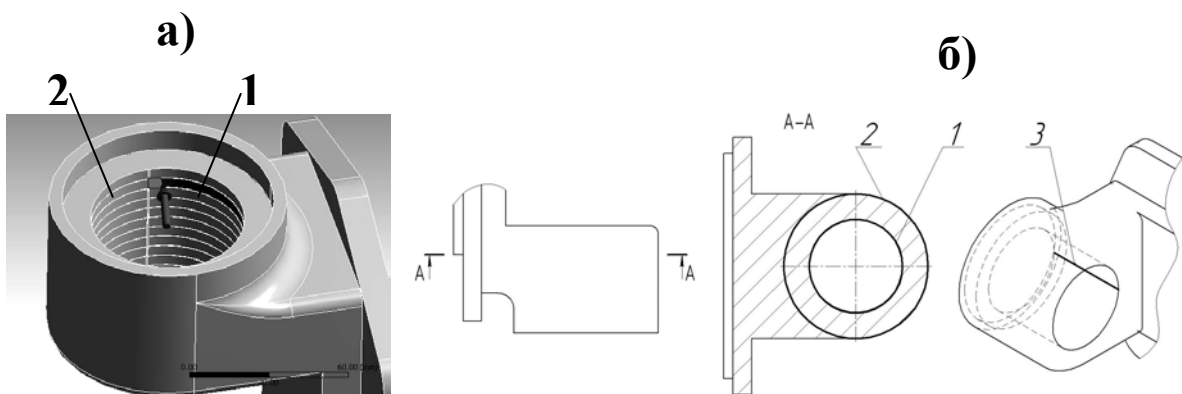
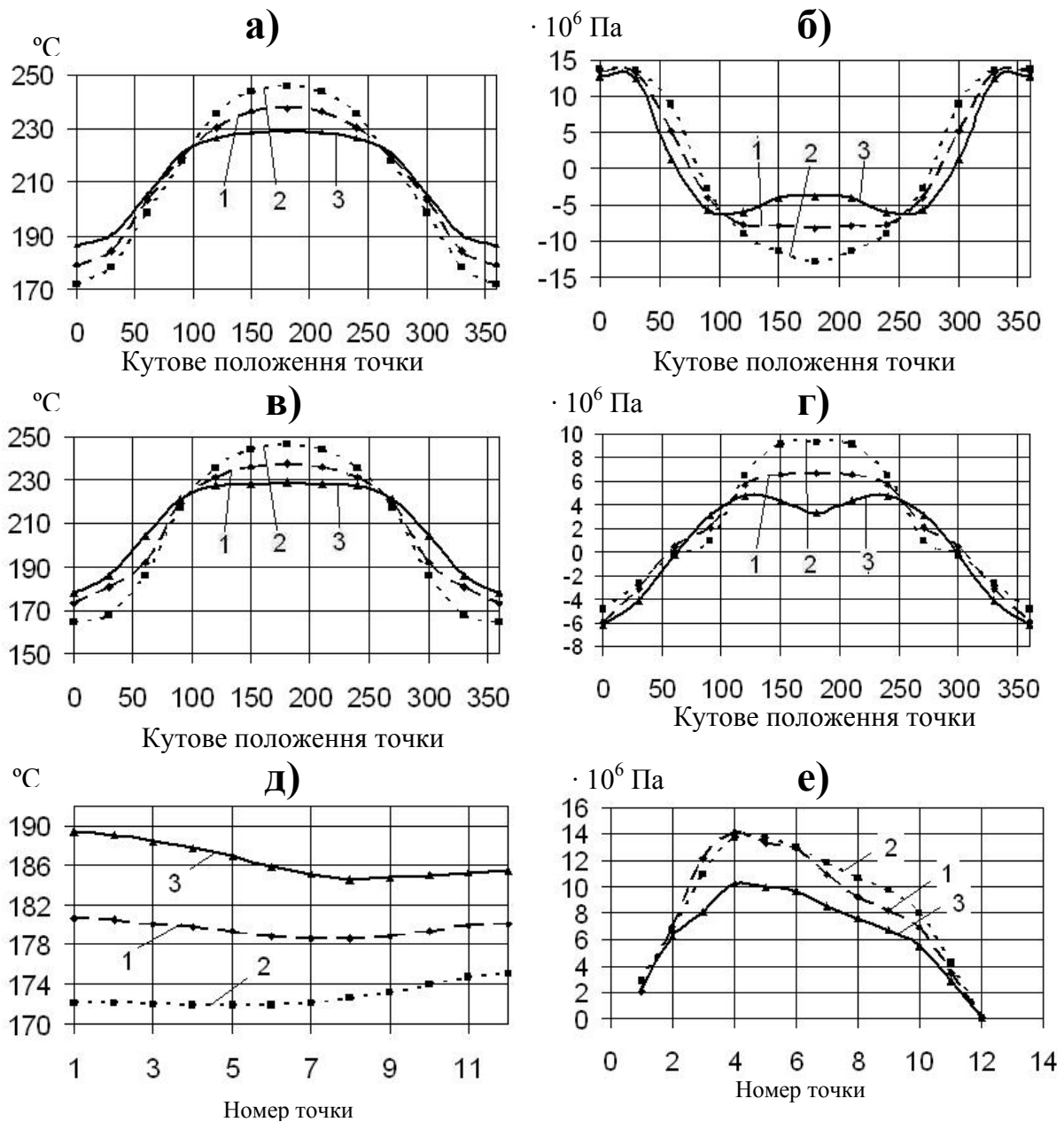


Рисунок 2 – Схема почергового нагрівання ділянок деталі (а) та схема визначення температури та напружень в небезпечних перетинах (б)

Розподілення температури та напружень у визначеному перетині (рис. 2, б) показано на графіках (рис. 3). Температура (рис. 3, а, в) та напруження (рис. 3, б, г) визначалися в перетині А-А по колах 1 та 2 відповідно (рис. 2, б), де має місце

найбільша їх нерівномірність. Початок координат для кутового положення розташований на осі симетрії деталі по лінії 3 (рис. 2, б). Також по лінії 3 було визначено розподілення температур (рис. 3, д) та напружень (рис. 3, е) при різних



схемах проведення процесу наплавлення.

Рисунок 3 – Розповсюдження температур (а, в, д) та напружень (б, г, е) по перетинах деталі

Результати моделювання (рис. 3) процесу наплавлення із потужністю, що змінювалася в залежності від координати розташування дуги по відношенню до деталі, показали доцільність такого керування.

Як видно із рисунка 3, динамічне керування потужністю за схемою «3» дозволяє зменшити на 15 – 20% напруження, що виникають, за рахунок більш рівномірного розподілення температурного поля по об'єму деталі.

З метою реалізації динамічного керування потужністю процесу наплавлення було спроектовано та виготовлено відповідне обладнання. Для цього було

вдосконалено установку для автоматичного наплавлення в середовищі захисних газів УД-209М, зварювальний випрямляч ВДУ-506 УЗ; виготовлено інтерфейсний блок (ІБ), що сполучає ПК та зварювальний випрямляч; написано відповідне програмне забезпечення.

На установці УД-209М між привідними двигунами та редукторами додатково були встановлені індуктивні датчики, що визначали кутове положення деталі під час обертання та місцезнаходження наплавлювальної головки по глибині отвору.

Дані від індуктивних датчиків надходять через інтерфейсний блок до ПК, де проходять обробку. Програма, в залежності від кутового положення деталі та розташування наплавлювальної головки, надсилає сигнали керування потужністю наплавлення через інтерфейсний блок до зварювального випрямляча. Для цього у зварювальному випрямлячі замість резистора керування потужністю встановлено силовий транзистор КТ829.

ІБ виготовлено на основі процесора ATTINY 2313, який сполучається із персональним комп'ютером через стандартні роз'єми RS 232. Для запобігання інтенсивних електромагнітних перешкод, що супроводжують процес наплавлення, з метою забезпечення стабільності роботи ПК та інтерфейсного блока останній має гальванічну розв'язку по входу і по виходу, що реалізована за рахунок оптопар 4N35.

Введення необхідних даних для наплавлення, а саме – потужність наплавлення, а також координати, на які розповсюджується визначена потужність, забезпечується програмою DYNNAPLAVKA V1.1.

Структурна схема ведення процесу наплавлення з динамічним керуванням потужністю показана на рис. 4.

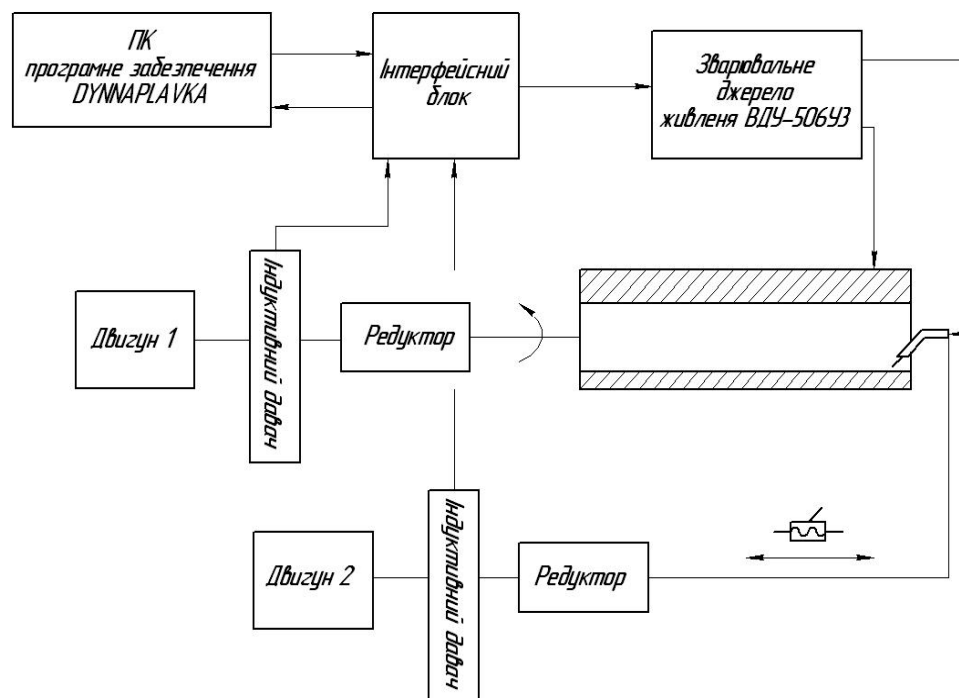


Рисунок 4 – Схема динамічного керування потужністю дуги

Висновки.

1. Встановлено, що змінюючи потужність на дузі під час наплавлення покриттів на поверхні отворів деталей машин, можна змінити конфігурацію температурного поля, що виникає. Зменшення нерівномірності температурних полів дозволяє зменшити на 15–20% пікові значення напружень, що формуються в деталі.

2. Оптимізацію режимів наплавлення за критерієм мінімізації нерівномірності температурних полів та напружень, визначення потужності дуги в залежності від положення наплавлювальної головки щодо деталі, доцільно проводити з використанням моделювання процесу наплавлення методом кінцевих елементів.

3. Геометрія деталі суттєво впливає на конфігурацію полів напружень, що спричинені температурними деформаціями. Моделювання процесу доцільно проводити на твердотільних моделях з врахуванням матеріалу, розмірів та форми деталі.

Список літератури

1. Молодик М.В. Відновлення деталей машин / Молодик М.В., Лангерт Б.А., Бредун А.К. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
2. Курчаткин В.В. Надежность и ремонт машин / Курчаткин В.В., Тельнов Н.Ф., Ачкасов К.А. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
3. Черноиванов В.И. Организация и технология восстановления деталей машин / Черноиванов В.И. – М.: ГОСНИТИ, 2003. – 488 с.
4. Махненко В.И. Тепловые процессы при механизированной наплавке деталей типа круговых цилиндров / Махненко В.И., Кравцов Т.Г. – Киев: Наукова думка, 1976. – 159 с.
5. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / Сидоров А.И. - М.: Машиностроение, 1987. - 192 с.
6. Савуляк В.І. Температурні поля та деформації під час відновлення деталей транспортної техніки / Савуляк В.І., Заболотний С.А., Шенфельд В.Й. // Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2009. - №11. С. 48-52.

С. Заболотный

Технология наплавки отверстий с уменьшенными температурными погрешностями

Обосновано целесообразность управления мощностью сварочной дуги в процессе наплавки покрытий на поверхности деталей сложной конфигурации. Показано, что такая технология наплавки позволяет уменьшить перепады температур и выровнять поле напряжений в детали, которые являются причиной искажения ее геометрии.

S. Zabolotny

Technology of surfacing openings with reduced temperature errors

Reasoned arguments concerning the control over the power of welding arc in the procedure of surfacing coating on the surfaces of the details having complicated configurations are well-founded here. It is also shown that such a technology of surfacing permits to reduce over falls of temperature and to even the field of tensions in the detail which is the reason of distortion of its geometry.

Одержано 10.12.09