



Рис.4. Иерархические уровни структурирования модульной сборочной технологии: *а* – собираемой детали; *б* – сборочного узла

где t_{ij} - пределы изменения параметров, описанных матрицами. Для автоматической сборки используется подобная матрица, отражающая результаты расширения, показанная на рис. 4

$$TM_S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ s_{11,1} & s_{11,2} & s_{11,3} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где s_{ij} - пределы изменения параметров, описанных матрицами расширения.

Выводы. Можно отметить, что предложенный способ описания модульной сборочной технологии максимально полно описывает TM , обеспечивая сколь угодно полную конкретизацию, полностью отвечает требуемой структуризации. Представленные матрицы легко программируются и математически обрабатываются и в дальнейшем при программной обработке могут быть доведены даже до схемо-численных

значений. При компьютерном проектировании $ТСП$ только таким или подобным способом из банка данных могут быть подобраны необходимые составляющие TM и KM .

Список литературы: 1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. 2. Шабайкович В.А. Модульные технологии и конструкции в автоматической сборке // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2003, №8. 3. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1966. 4. Матвиенко А.В., Михайлов А.Н., Доронин Д.И. Структурирование модульных технологических процессов. // Сборник трудов ДонГТУ, вып. 19, Донецк, 1998.

Сдано в редакцию 16.04.08

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ КОНТАКТУ ПРИ ФРИКЦІЙНІЙ ОБРОБЦІ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

Гурей Т.А., Грицай І.Є. (НУ «ЛП», м. Львів, Україна)

The calculation of temperature distributing on the depth of the hardening layer at the friction hardening is conducted. The temperature in the area of contact at the friction hardening an instrument with an irregular working surface determined at the decision of the thermophysical task the method of sources (Grin's method).

Одною з основних задач машинобудування є підвищення надійності і довговічності деталей машин та механізмів. Для підвищення якості та довговічності виробів необхідно проводити переобладнання багатьох галузей виробництва, розвивати нові виробничі потужності, механізацію і автоматизацію виробничих процесів, розробляти та впроваджувати нові прогресивні технологічні процеси виготовлення і зміцнення деталей машин.

Надійність машин полягає у збереженні у заданих межах необхідних властивостей та експлуатаційних показників протягом усього періоду їх використання, технічного обслуговування, ремонтів тощо. Вона залежить від конструкції машини, використовуваних матеріалів, якості виготовлення деталей і складання вузлів та агрегатів, способів контролю, від умов та режимів роботи і інших параметрів.

В останній час на практиці широко застосовуються імпульсні технологічні методи поверхневого зміцнення з використанням висококонцентрованих джерел енергії. Це лазерна, електронно-променева, іонно-променева, іонно-плазмова, електрогідроімпульсна та інші обробки. Сутність багатьох імпульсних технологічних методів поверхневого зміцнення полягає у тому, що на відносно невеликі об'єми металу діють з великими швидкостями концентровані потоки енергії високої інтенсивності, з можливим одночасним пластичним деформуванням поверхневого шару та наступним його швидким охолодженням. Такі умови обробки дозволяють отримати специфічні фізико-механічні, електрохімічні, корозійні і експлуатаційні характеристики поверхневих шарів деталей машин та елементів конструкцій. До таких технологічних методів належить і фрикційна обробка. У процесі фрикційної обробки у поверхневих шарах відбуваються структурні та фазові перетворення з утворенням зміцнених шарів, які мають низку специфічних фізико-механічних властивостей.

Процес фрикційної обробки є швидкоплинним процесом і тому існуючі експериментальні методи не дозволяють з достатньою точністю визначити температурні поля у зоні контакту інструмент-деталь. Вивченню теплових полів, які виникають при терті, особливо високошвидкісному, присвячено ряд праць [1, 2, 3]. При терті у зоні контакту проходять складні фізико-механічні процеси, тому теплову задачу за рахунок прийнятих допущень досить сильно спрощують і тому теоретичні викладки не завжди відповідають реальній картині. Найбільш коректно була поставлена і розв'язана теплова задача у процесі тертя М.В.Коровчинським [3], який розробив теорію теплового контакту при локальному терті і представив розв'язки у загальному вигляді в широкому діапазоні критерію Пекле для різних законів розподілу питомих навантажень у зоні контакту.

При аналізі теплових процесів у зоні контакту при фрикційній обробці на основі теплового контакту приймаємо [3], що температури в зоні контакту на поверхні контакту є рівними, а потужність тертя у кожній точці площадки контакту рівна сумі інтенсивностей потоків теплоти, яке поглинає кожне тіло пари тертя.

При фрикційній обробці площа зони контакту зміцнюючого інструмента та деталі залежить від форми та розмірів робочої поверхні інструмента та деталі, режимів зміцнення. Форму площі контакту інструмента та деталі при першому наближенні можна розглядати у вигляді тонкої стрічки. Так як при фрикційній обробці нагрівання зони контакту зумовлюється інтенсивним зсувним деформуванням і максимальні значення контактних дотичних напружень розташовані на певній глибині, то у даному випадку розглядається підповерхневе розташування джерел нагрівання [3].

Так як характерний розмір зони контакту є набагато меншим за розміри зміцнюючого інструмента та деталі, то останні можна розглядати як однорідні ізотропні напівпростори, вздовж границі яких рухається зона тертя з різними

швидкостями. При розв'язку теплової задачі також були зроблені наступні допущення: у зоні контакту інструмента та деталі є тільки пружні деформації; розмір і форма зони контакту в процесі зміцнення залишаються незмінними; не враховується вплив динамічних ефектів на процеси тертя у зоні контакту; теплофізичні характеристики матеріалів контактуючих тіл залишаються постійними незалежно від зміни температури і тисків; не враховується вплив плівки мастила на перерозподіл тиску по поверхні контакту. Також припускаємо, що питома поверхнева густина теплового джерела при фрикційній обробці залишається незмінною, тобто $q(\tau) = \text{const}$.

Для збільшення зсувного деформування при фрикційній обробці на робочій поверхні інструмента були вирізані пази. Для повного виходу робочої поверхні інструмента з контакту з оброблюваною деталлю ширина повинна бути більшою за пляму контакту.

При фрикційній обробці робоча поверхня інструмента перервна і на зону контакту діють імпульси теплової енергії за рахунок прорізів на поверхні інструменту. Для визначення температури в зоні контакту при імпульсному фрикційному зміцненні можна використати розв'язок теплофізичної задачі методом джерел (метод Гріна) [4].

Метод Гріна полягає у наступному: якщо відомий закон зміни температури $T(x, y, z)$ у якійсь точці простору від точкового джерела, яке виділило певну кількість теплоти Q у момент часу τ , то температура у даній точці буде визначатися суперпозицією з температурних полів від системи розподілених у просторі джерел теплоти. Розв'язок задачі зводиться до визначення функції $T(x, y, z)$ від одиничного джерела тепла Q , яке задовольняє граничні умови задачі.

Розглянемо зону контакту при імпульсному фрикційному зміцненні як адіабатичний стержень до верхнього торця якого прикладено джерело теплової енергії інтенсивністю q . Вісь x направлено у глибину зміцнюваної деталі.

Диференціальне рівняння теплопровідності запишеться у вигляді [4]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2},$$

при початкових і граничних умовах

$$T(x, \tau)|_{\tau=0} = T_0; \quad T(x, \tau)|_{x=0} = T_0; \quad \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x}|_{x=\infty} = 0.$$

Розв'язок даного диференціального рівняння має вигляд:

$$T = 2q \sqrt{\frac{\tau}{C\rho\lambda}} \operatorname{ierfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}\right),$$

де T_0 – початкова температура деталі, яка дорівнює температурі навколишнього середовища; T_0 – температура джерела теплової енергії; C – теплоємність матеріалу оброблюваної деталі; ρ – густина оброблюваної деталі; λ – коефіцієнт теплопровідності; $a = \frac{\lambda}{C\rho}$ – коефіцієнт температуропроводності.

За рахунок високих швидкостей нагрівання та охолодження оброблюваної поверхні деталі, які є при фрикційному зміцненні, теплові імпульси будуть мати ступінчасту форму.

Температура на глибині x буде визначатися з залежності:

$$T(x, \tau) = \frac{2}{C\rho\lambda} \sum_{k=1}^n q_k \left(\sqrt{\tau - (k-1)(\tau_1 + \Delta\tau)} \operatorname{ierfc} \frac{x}{2\sqrt{a}\sqrt{\tau - (k-1)(\tau_1 + \Delta\tau)}} - \sqrt{\tau - (k-1)(\tau_1 + \Delta\tau) - \tau_1} \operatorname{ierfc} \frac{x}{2\sqrt{a}\sqrt{\tau - (k-1)(\tau_1 + \Delta\tau) - \tau_1}} \right).$$

Дана залежність дозволяє визначити температуру по глибині оброблюваної поверхні деталі при зміцненні різних матеріалів і при різних параметрах імпульсного фрикційного зміцнення. Використовуючи дану залежність були отримані графічні залежності зміни температури в зоні одиничного контакту інструмента і оброблюваної поверхні деталі від параметрів процесу та часу обробки (рис. 1). Час нагріву одиничного контакту залежить від ширини плями контакту інструмента і деталі та режимів обробки.

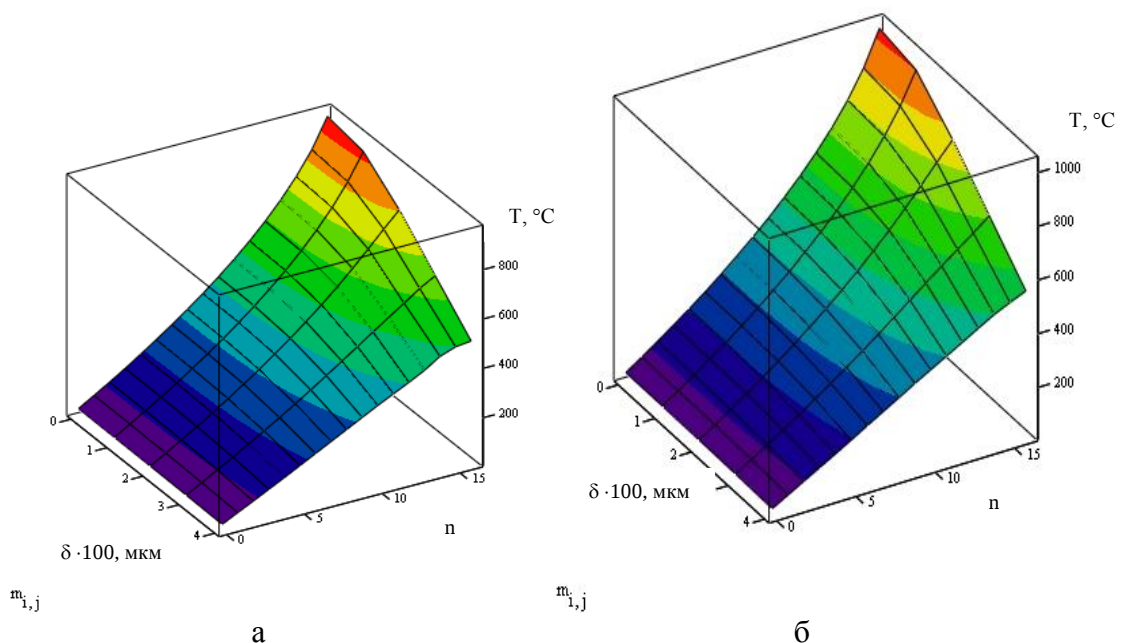


Рис. 1. Зміна температури нагріву поверхневого шару металу в зоні одиничного контакту інструмента і деталі: а – ширина пазу – 4 мм; б – ширина пазу – 2 мм.

Зі зменшенням ширини пазу на робочій поверхні інструменту зменшується час холостого пробігу інструмента, ступінь охолодження є незначною і тому зростає температура у поверхневому шарі металу, що сприяє формуванню зміцненого шару більшої товщини.

Слід відмітити, що на розподіл температури у поверхневому шарі деталі суттєво впливає швидкість переміщення деталі. Так, при невеликих швидкостях переміщення стола верстату (2 м/хв) поверхневі шари нагріваються до високих температур, близьких до температури плавлення (біля 1400 \$^{\circ}\text{C}\$). Це призводить до того, що частина розм'якченого поверхневого шару виноситься з зони контакту інструмент-деталь і товщина зміцненого шару зменшується (рис. 2). При високих швидкостях переміщення стола верстату (6 м/хв) нагрів поверхневого шару є недостатнім і тому товщина зміцненого шару є невеликою.

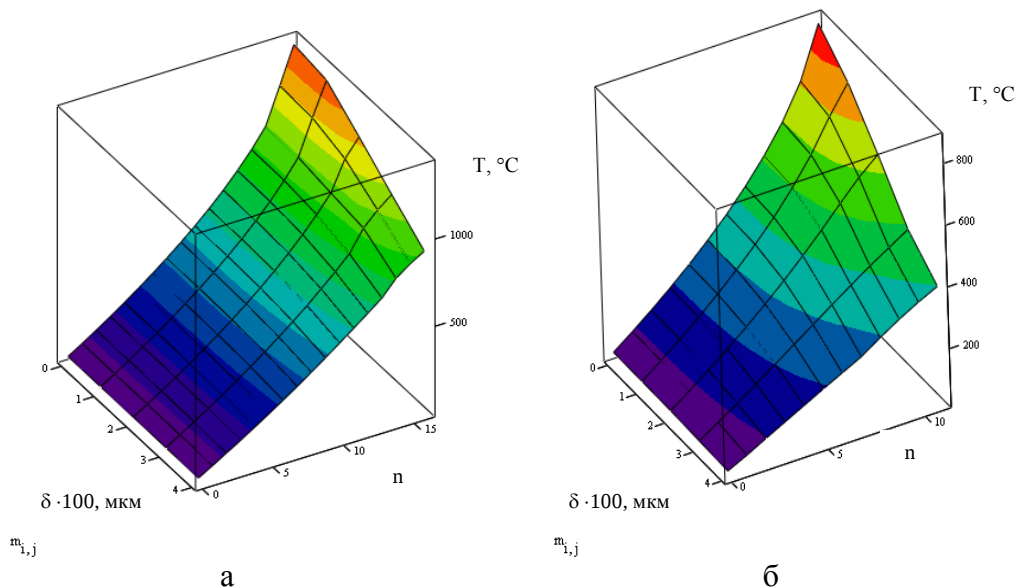


Рис. 2. Зміна температури нагріву поверхневого шару металу в зоні одиничного контакту інструмента і деталі: а – швидкість переміщення стола верстату – 2 м/хв; б – швидкість переміщення стола верстату – 6 м/хв;.

Отримані теоретичні розрахунки розподілу температури нагріву по глибині поверхневого шару узгоджуються з проведеними експериментами по визначенні товщини зміцненого шару при різних режимах фрикційного зміцнення. Розроблена математична модель визначення розподілу температури дозволяє оцінити температурні поля по глибині оброблюваного металу та зпрогнозувати товщину зміцненого шару при фрикційній обробці сталевих виробів.

Список літератури: 1. Бабей Ю.И., Глек Р.И., Максимишин М.Д., Журавлева Н.А. Термонапряженное состояние, возникающее в поверхностных слоях плоских деталей в процессе фрикционного упрочнения // Физико-химическая механика материалов. – 1982. - № 3. – С. 75-78. 2. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с. 3. Коровчинский М.В. Основы теории термического контакта при локальном трении // Новое в теории трения. – М.: Наука, 1966. – С. 98-145. 4. Основы тепловых явлений при шлифовании деталей машин / А.В.Якимов, Б.О.Ткаченко, С.Г.Зимин и др. – Одесса: ОГПУ, 1997. – 272 с.

Сдано в редакцию 23.04.08

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО СВЕРЛЕНИЯ

Драчев О. И.¹ Тараненко В. А.² Тараненко Г. В.³ Свиць А.² (¹ТГУ, Тольятти, РФ, ²ЛТУ, Люблин, Польша, ³СевНТУ, Севастополь, Украина),

The ground for using the low sensitivity automatic control systems for changing parameters of the dynamic system of vibratory drilling was introduced in the paper. The selection of the