

Н.С. Григор'єва, д.т.н., проф.

Луцький національний технічний університет

В.А. Кирилович, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

Корисною у підвищенні ефективності технологічних процесів є самоорганізація, що базується на синергетичному ефекті. Під час виконання процесу в технологічному середовищі створюються бар'єри, що усувають шкідливі властивості і проявляють корисні при виготовленні деталей. Описано приклади самоорганізації технологічних систем.

Ключові слова: технологія; самоорганізація; ефективність; середовище; властивості.

Постановка проблеми. Відомо багато шляхів підвищення ефективності технологічних процесів, але одним із найкорисніших є їх самоорганізація, в основі якої лежить синергетика. Сутністю самоорганізації технологічних процесів (ТП) є визначення корисних і шкідливих властивостей, зведення бар'єрів при технологічному наслідуванні шкідливих властивостей і за допомогою виставлених бар'єрів забезпечення одержання нових корисних властивостей. Основним висновком з положень синергетики для ТП є те, що, використовуючи різні способи створення бар'єрів під час процесів, що самоорганізуються, управлінням їх еволюцією можна підвищити якість оброблюваних деталей. Функціонування технологічної системи, що самоорганізується, визначається сукупністю одночасної дії багатьох випадкових величин. Вирішення цієї основної проблеми – у використанні головної властивості: «втрати пам'яті», тобто втрати первісних властивостей та появи нових з розвитком корисних і усуненням шкідливих. Це важливе актуальне завдання, вирішення якого дозволяє з малими витратами підвищити ефективність ТП.

Аналіз літературних джерел. Проблемі ефективності ТП присвячено багато праць, що розкривають різні її аспекти [1–4]. Розглядаються питання забезпечення ефективності на конструкційному, технологічному та експлуатаційному рівнях, але практично відсутні роботи по побудові та дослідженню механізму направленої формування самоорганізації ТП. Ближче до цього підійшов Г.Ніколіс [2]. У [3, 4] наведено описовий матеріал зі спрямованого формування корисних властивостей деталей. Інші праці по-різному висвітлюють такі питання.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження механізму направленої формування корисних властивостей деталей виробів машинобудування за рахунок самоорганізації ТП їх виготовлення.

Викладення основного матеріалу. В ТП виготовлення заготовок деталей виробів чітко простежуються спадкові зв'язки. Так режими заливки (швидкість, температура, охолодження) напряму, спадково визначають властивості виливки. Зміна швидкості заливки під час одержання виливок під тиском може розглядатися як біфуркація, що спричиняє нову самоорганізацію частинок металу заготовки і, в свою чергу, призводить до появи нових фізико-хімічних властивостей (позитивна властивість) і збільшення шорсткості поверхні (негативна властивість). При правильному встановленні обмежень дії фізико-хімічних законів негативні властивості можна значно обмежити, а навіть і усунути. Такою біфуркацією може бути вплив на заливаний матеріал магнітного поля, наслідком якого є підвищена електропровідність і корозійна стійкість. Але поряд з появою цілого ряду позитивних властивостей через невивченість ситуації, а отже випадковість процесу, може проходити і погіршення показників якості заготовок з його поки що не зрозумілим розвитком [5].

Явище самоорганізації в структурі виливок слід розглядати в тісному поєднанні зі спадковими властивостями рідкого металу. Встановлено, що лише 25 % властивостей шихти передається заготовці, а 75 % – формується під час заливки і затвердіння при охолодженні, яке може протікати по-різному. Так розмір зерна штампованої заготовки залежить від температури рекристалізації, міри деформації та швидкості деформування. За критичної швидкості деформування розміри зерен різко збільшуються при падінні міцності матеріалу заготовки. У разі виникнення такої біфуркації, пов'язаної з закритичними швидкостями деформування, нова організація оцінюватиметься негативно і її недопущення має забезпечуватися обмеженнями. Якщо заготовки одержуються методами тиску з поршнів різних матеріалів, то спадкові властивості окремих частинок і меж між ними проявляються досить чітко. Традиційний спосіб їх одержання пресуванням і спіканням не є раціональним через виникнення значних сил тертя між порошком і пуансоном з матрицею, що призводить до виходу штампового оснащення з ладу за незмінності механічних властивостей заготовок. Біфуркацією в такому пристрої може бути явище зустрічного переміщення матриці на пуансон, що змінює розташування. За певних режимів з'являється нова самоорганізація, за якої покращуються всі параметри штампування, а головне – якість заготовки. Пояснюється це значним зменшенням сили тертя між порошком і робочими поверхнями технологічного

оснащення. Наступною біфуркацією є додавання до порошку змащувальних речовин, наприклад, кухонної солі, їдкою натрію, вапна тощо. Самоорганізація системи проходитиме за іншими закономірностями, порівняно з пресуванням без змащування. Як і в попередньому випадку необхідність впровадження обмежень очевидна. Під час формування заготовок методом прокатки можливі випадки, коли при виготовленні заготовки відсутня організуюча сила, а в матеріалі немає тенденцій до зміни свого стану на рівні самоорганізації. Таким чином, у заготівельному виробництві підлягають дослідженню явища біфуркації, до- і постеволуційного розвитку системи, обмеження та її стійкість з метою використання самоорганізації різних технологічних заготівельних систем для підвищення якості виготовлюваних заготовок.

Під час механічної обробки заготовок деталей процеси самоорганізації впливають на їх розміри, форму, взаємне розміщення поверхонь і особливо стан поверхневої варстви. Матеріал заготовок являє собою суцільне середовище зі своєю геометричною формою, структурою та напруженнями, а основним бар'єром на шляху передачі спадкових властивостей є термічні операції, після яких проходить суттєва їх перебудова. Виникає біфуркація, що призводить до появи нової структури, що самоорганізується, з новими властивостями. Дисипативні технологічні системи за певних умов можуть переходити від впорядкованого руху до хаотичного, коли перестає діяти причина, що організує впорядкований рух. Такими причинами можуть бути сили і моменти, що діють у технологічній системі, а також зміна умов їх дії. В технологічній системі виготовлення деталі проходить її обертання, а різальний інструмент переміщається з подачею разом зі супортом. Рух супорта проходить від двигуна через механізми, а управляючі сигнали задаються програмним пристроєм. З наближенням інструмента до заданого діаметра деталі для забезпечення точності його подача та сила різання зменшуються. У цих умовах супорт перестає відпрацьовувати команди програмного пристрою і, відповідно до положень синергетики, починає здійснювати хаотичні рухи. Технологічна система перетворюється в систему, що самоорганізується, з непередбачливою поведінкою. Відповідно до такої поведінки технологічної системи переміщення супорта зменшуються і в деякий момент часу виникає біфуркація та починає функціонувати нова система хаотичного руху, що і породжує нові властивості. Тому необхідно обмежити переміщення супорта, в межах якого воно може здійснюватися. У наведеному випадку різні спадкові властивості перестають бути домінуючими, оскільки головними стають рухи супорта. Тому можна вважати, що виник своєрідний бар'єр на шляху передачі спадкових властивостей, після якого проходить розвиток параметра чи їх групи в іншому еволюційному напрямку, оскільки змінилася самоорганізуюча система.

Якщо в одному випадку в системі, що самоорганізується, розвивається властивість, яка визначає відповідний показник якості оброблюваної деталі, то в іншому вона може не розвиватися або взагалі замінюється іншою і не обов'язково корисною для якості деталей. Так жорсткість опори шпинделя в технологічній системі залежить від кількості опорних підшипників, але таке збільшення досягається за певної їх кількості, після якої система вже не реагуватиме на це. Виникла біфуркація і система перестала залежати від управляючої сили та стала самоорганізуючою. При цьому теоретично визначити наперед величину жорсткості неможливо, необхідні експериментальні дослідження.

Відомо, що геометрична точність під час обробки заготовок формується кінцевим положенням різального інструмента та траєкторією його переміщення. Впливають на точність також сили тертя в рухомих частинах верстата, жорсткість приводу та інше. Під час обробки кожної заготовки виникає суто своя ситуація, а саме: досягнення точності проходить при реалізації спадкових зв'язків. Для усунення шкідливих властивостей можна поставити бар'єри, тобто обмеження, наприклад, на шляху виникнення невизначеностей, пов'язаних з коливанням сил тертя. На супорті встановлюється вібратор у вигляді малого електродвигуна з неврівноваженою масою. Тоді пружне відтискання збільшується приблизно на 25 %. Така біфуркація створює нові властивості технологічної системи, а система стає такою, що самоорганізується, і до того ж непередбачливою, оскільки не відоме компонування контактуючих мікроступів рухомої та нерухомої частин системи й з'єднань передавального механізму. Така ситуація може розглядатися як бар'єр на шляху коливань жорсткості за рахунок змінної сили тертя, або коротше – дія підвищення точності.

Як вказувалося, випадковість у функціонуванні технологічних систем, що самоорганізуються, має важливе значення. Прояв випадковості видно на траєкторії переміщення центра шпинделя, що обертається на повітряних опорах, і описує неповторні випадкові траєкторії. Шпиндель працює як система, що самоорганізується, та видає сукупність траєкторій з середнім розміром і полем розкиду, вимірюваними мікронами або їх частинами. Для такого хаотичного руху безумовно була своя причина (біфуркація), але в явному вигляді вона не відома і тому є неможливим встановити форму траєкторій руху, а значить і форму оброблюваної деталі, закріпленої в шпинделі. Відхилення форми шийок шпинделя та отворів підшипників не відбиваються на деталі [5].

Геометрична точність обробки визначається станом усіх з'єднань під час переміщення супорта, а також різального інструмента. При переміщеннях часто використовуються жорсткі опори, а траєкторія

переміщення супорта та інструмента в кінцеве положення обумовлена особливостями ланок кінематичного ланцюга. Контакт супорта та опори являє собою біфуркацію, після якої кінематичний ланцюг самоорганізується по-новому. При цьому виступають різні зони контактів спряжуваних поверхонь, положення окремих частин передавальних механізмів, напруження. Положення супорта в новій системі, що самоорганізується, стабілізується в певних границях геометричної точності, а технологічним обмеженням є обмеження переміщення за допомогою опорів. Такі опори є бар'єрами для передачі спадкових властивостей у вигляді похибок з можливою випадковістю.

При виходжуванні деталей [5] на шліфувальних верстатах процес полягає у тому, що в кінці шліфування, коли майже досягнуті задані розміри і форма деталі, робоча подача інструмента вимикається під час продовження обертання шліфувального круга, деталі та загасання процесу різання. Шліфувальний круг зі шпинделем здійснюють хаотичні рухи, оскільки організуюча причина у вигляді сили різання зникла. Будь-яке таке переміщення представляється як зміна положення шпинделя в зазорі, або у вигляді пружної деформації, чи як їх поєднання. Опори шпинделя встановлені на ползках, що також переміщуються хаотично. Такий самий характер контактів шліфувального круга, що обертається, з деталлю. Деталь у своїх опорах не виконує рівномірного обертального руху, а опори деталі додатково також здійснюють хаотичні рухи з малими величинами і непередбачуваними законами. Крім того, при контактах круга та деталі в будь-який момент змінюється кількість контактуючих абразивних зерен. Частина затуплених зерен усувається з зони різання, а нові вступають у такий контакт. Технологічна шліфувальна система при відсутності сили різання являє собою нову систему, що самоорганізується, з непередбачливою поведінкою без спадкування минулих властивостей, тобто ставиться бар'єр для передачі властивостей деталей від одної технологічної операції до наступної. Зміна параметра якості деталі, відхилення від циліндричності в кінці шліфування стабілізується і досягає якогось значення. Зменшити його не можна, оскільки система вже не відпрацьовує управляючих команд. Подібно змінюється і параметр шорсткості. Під час виходжування, тобто функціонування системи, що самоорганізується, ці параметри якості знижуються, що не можна розрахувати, а лише встановити експериментальним шляхом.

При використанні технологічних систем, що самоорганізуються, за механічної обробки деталей велике значення має функціонування таких систем у післябіфуркаційний період та їх стабільність. Системи, що самоорганізуються, розглядаються як динамічні, що розвиваються в часі. Біфуркація не виникає миттєво, а розвивається в різному часі і проявляється в певних напрямках. Виникає вона не лише при зникненні організуючої причини, наприклад, сили різання, а також при її зміні. І тут повстає технологічне завдання впровадження бар'єрів на шляху передачі сприятливих для окремих показників якості деталей певних властивостей, тобто необхідність управління технологічним середовищем. На сьогоднішній день поки що ще багато чого не ясно та не зрозуміло, але це стан тимчасовий, що підтверджує весь розвиток сучасної технології машинобудування.

Висновки. Будь-яка технологічна система, що самоорганізується, в післябіфуркаційний період може знаходитися в квазістійкому стані незалежно від дії внутрішньої чи зовнішньої причини. Як динамічна система, вона може переходити з одного стану в інший за допомогою чергових біфуркацій у певних межах нестійкості. Прогнозуючи можливі бар'єри технологічної спадковості, необхідно враховувати, що технологічна система, що самоорганізується, переходячи з одного стану в інший, може мати стійкий чи нестійкий розвиток спадкових властивостей у цих станах. При цьому стійкість, або упорядкованість руху проявлятиметься у великих масштабах, а випадковість – у менших на рівні флуктуації. Наприклад, при переміщенні супорта верстата згідно з метою розвитку процесу спостерігається упорядкований рух, але в кожний момент часу виникають і випадкові контакти мікроступів супорта та напрямних, певних зон, пов'язаних з відхиленням їхньої форми, тобто проявляється цікава взаємодія упорядкованості та випадковості. І все це вимагатиме теоретичного обґрунтування, експериментальної перевірки і виробничого впровадження.

Список використаної літератури:

1. *Ніколіс Г.* Самоорганізація в нерівноважних системах / *Г.Ніколіс, І.Пригожін.* – М. : Світ, 1979.
2. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация : Макроскопический подход к сложным системам / *Г.Хакен.* ; пер. с англ. – М. : Мир, 1991. – 240 с.
3. *Луцкий С.В.* Компьютерно-интегрированные производства машиностроения с элементами самоорганизации / *С.В. Луцкий* // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : междунар. сб. науч. тр. – Донецк : ДонНТУ, 2011. – Вып. 42. – С. 156–162.
4. *Мельник Л.Г.* Научные основы самоорганизации экономических систем. Ч. 1. Механізм регулювання економіки / *Л.Г. Мельник.* – 2010. – № 3, Т. 1.
5. *Божидарнік В.В.* Технологія виготовлення деталей виробів : навч. посібник / *В.В. Божидарнік, Н.С. Григор'єва, В.А. Шабайкович.* – Луцьк : ВОРВП «Надстир'я», 2006. – 590 с.

ГРИГОР'ЄВА Наталія Сергіївна – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування Луцького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування;
- технологія гнучкого модульного виробництва;
- автоматизація складання виробів.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованого управління технологічними процесами та комп'ютерними технологіями Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- автоматизація технологічної підготовки машино- та приладобудування;
- автоматизований синтез роботизованих механоскладальних технологій.

Стаття надійшла до редакції 03.06.2015