

*Л.П. Давидюк, студ.,  
С.П. Вислоух, к.т.н., доц.,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **ФОРМУВАННЯ ПРУЖНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕСІ ЇХ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ І КЕРУВАННЯ НИМ РЕЖИМАМИ РІЗАННЯ**

Відомо, що основним інструментом формоутворення при механічній обробці є різання матеріалу заготовки. Процес різання неможливий без докладання значних сил з боку різального інструменту, а також появи температурних полів, які призводять до виникнення напружень і деформацій в поверхневому шарі деталі. Таким чином, технологічні процеси виготовлення деталей, особливо при обробці різанням, безпосередньо впливають на формування їх пружно-деформованого стану. У свою чергу нерівномірність розподілу залишкових напруг є однією з головних причин деформації високоточних деталей в процесі їх експлуатації.

Тому до процесу механічної обробки пред'являють високі вимоги, для забезпечення яких потрібно розв'язання широкого кола практичних задач, які можна поділити на дві великі групи. Першу групу становлять задачі вдосконалення технологічних процесів підвищення якості деталей, головним чином, шляхом формування високої якості поверхневого шару і оптимального рівня залишкових напруг, що істотно впливають на довговічність, витривалість, і інші характеристики надійності.

До другої групи належать питання підвищення точності і стабільності на всіх етапах виробництва, які можуть бути вирішені застосуванням ефективних методів управління стабільністю виробничих процесів і контролю якості виробів.

Найбільшу складність представляє вирішення питань першої групи, тому що на формування структури поверхневого шару надає певний вплив явище технологічної спадковості, яке проявляється у впливі маршруту обробки на формування фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, а також похибок обробки. Тобто, на фор-

мування властивостей поверхневого шару впливають в тій чи іншій мірі всі операції лезвіної обробки технологічного процесу, їх режими, різальний інструмент, характер взаємодії різального інструменту і заготовки тощо.

Двома основними факторами, що впливають на утворення залишкових напружень при лезвіній обробці, є величина сил різання і температурні поля в зоні обробки. Отже, необхідно визначити набір параметрів, що впливають на величину сил різання і температуру, виявити які з них надають найбільше значення, а також якими з них є найбільш доцільним керувати для досягнення поставленої мети.

Для управління величиною залишкових деформацій необхідно добре знати характер взаємозв'язку технологічно забезпечувальних і контрольованих параметрів поверхні з умовами її обробки.

Встановлено, що найбільш істотними факторами, які впливають на величину залишкових напруг, є режими різання, наявність і вид мастильно – охолоджувальної рідини, а також деякі елементи геометрії ріжучої частини інструменту – передній кут  $\gamma$ , радіус при вершині  $r$  і радіус заокруглення різальної кромки  $\rho$ .

При деяких умовах істотними можуть виявитися і інші чинники: фізико-механічні і теплофізичні властивості заготовки, умови тепловіддачі (при обробці тонкостінних деталей) тощо. Крім того, нерівномірний розподіл напружень по поверхні деталі відбувається також внаслідок видалення різних за величиною шарів матеріалу (тобто через знімання нерівномірних припусків), яке практично завжди супроводжує механічну обробку високоточних деталей.

Також в тих місцях, де різальний інструмент знімає більший припуск, виникає більш інтенсивне теплове поле, що приводить до створення в даній зоні місцевих напружень. Останні, релаксуючи, викликають пружні переміщення – форма деталей порушується.

Використання в якості керуючих такі параметри, як геометрія ріжучого інструменту, використання мастильно – охолоджувальних рідин тощо, призводить до більш істотної зміни існуючого технологічного процесу, що є в більшості випадків небажаним. Крім того, так як більшість матеріалів деталей приладобудування є важко-оброблюваними, то це накладає певні вимоги до інструментальних матеріалів і геометрії різального інструменту, що також робить використання геометрії інструменту в якості керуючого параметра небажаним.

Багато з існуючих методик розрахунку сил різання мають ряд обмежень. Основними недоліками експериментальних методів є: частковий характер залежностей параметрів, використання лише невеликої кількості факторів, що впливають на сили різання, багато важливих факторів, такі як геометрія інструменту, фізико-механічний стан оброблюваного матеріалу враховуються тільки через поправочні коефіцієнти.

Отримані експериментальним шляхом статистичні формули мають обмежене застосування, тому що результати експериментів не можна переносити на інші процеси, що виходять за межі поставлених дослідів. Кожна експериментальна формула не може бути використана для режимів обробки матеріалів, що мають інші механічні, хімічні та теплофізичні властивості. Крім того, для визначення складових експериментальної формули для нового матеріалу потрібно постановка нової серії великої кількості дослідів, що є досить трудомістким і до того ж часом вимагає великих витрат на матеріал. Теоретичні методи через їх великі спільності дозволяють точно визначати взаємозалежний вплив факторів, що впливають на сили різання, але для реальних розрахунків, які використовуються на виробництві такі формули складні. Зокрема в формулах, що представляють теоретичний метод, в явному вигляді не присутня швидкість різання, через що складно отримати зв'язок керованого (сили) і керуючого (режими різання). Ця обставина негативно позначається на можливості використання цієї методики в виробничих умовах.

Аналіз наукової літератури дозволив встановити, що є доцільно управляти величиною залишко-

вих деформацій і напружень за допомогою режимів різання, тобто за допомогою зміни швидкості різання, подачі і глибини різання. Основною перевагою використання цих параметрів, крім того, що вони мають найбільший вплив на формування пружно-деформованого стану деталі, є простота їх зміни технологом, що дозволяє використовувати вже існуючий технологічний процес шляхом його мінімального коригування. Контроль параметрів пружно-деформованого стану деталі пропонується виконувати методами комп'ютерного моделювання.

В останні роки все більшу популярність для вирішення завдань теорії різання отримує метод кінцевих елементів. Головною перевагою якого є точність обчислень, наочність отриманих результатів і висока гнучкість у виконанні розрахунків. Метод скінченних елементів застосовується для різних завдань механіки деформованого твердого тіла, гідро - і газодинаміки, електромагнетизму тощо.

Однією з основних задач у нашій галузі є задача визначення пружно-деформованого стану конструкцій, деталі після її обробки та в процесі експлуатації при заданих умовах термомеханічного навантаження. Для розв'язання цих задач використовують програмні комплекси FEMAP і MSC / NASTRAN for Windows, що засновані на методі кінцевих елементів і призначені для розрахунку статичних напруг і деформацій, стійкості, визначення власних частот і форм коливань, аналізу теплових сталей і перехідних процесів, а також завдань статички і динаміки в нелінійній постановці для широкого класу машинобудівних і інших конструкцій. Програми поєднують в собі потужні аналітичні можливості процесора і легкість роботи з графічним призначенням для користувача інтерфейсом.

Найбільш загальна блок-схема алгоритму розв'язання задачі із застосуванням комп'ютерних технологій інженерного аналізу на основі методу скінченних елементів в системі FEMAP умовно представлена трьома великими блоками: пре-процесорний, аналітичний і пост-процесорний. Препроцесорний блок включає в себе підготовку вихідних даних, тобто генерацію повної скінчено - елементної моделі об'єкта проектування в пам'яті комп'ютера. Аналітичний, або процесорний блок – це безпосереднє рішення глобальної системи алгебраїчних рівнянь, отриманої після реалізації варіаційного підходу методу скінченних елементів для вирішення диференціального рівняння розглянутого фізично-

го процесу. Результатом цього рішення є визначення поля невідомої величини в вузлових точках скінчено-елементної моделі об'єкта. Щодо цієї величини визначаються інші – залежні величини.

За результатами комп'ютерного моделювання засобами системи FEMAP визначаються параметри пружного стану деталей. Якщо ці параметри не задовольняють умовам їх експлуатації, то виконується необхідне корегування режимів різання.

*Ю.О. Денисенко, к.т.н.,  
В.О. Залога, д.т.н., проф.,  
Сумський державний університет*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ**

Одним із найважливіших напрямів діяльності машинобудівного виробництва є його інструментальна підготовка (ІПВ), метою якої є забезпечення усіх (без виключення) процесів, що супроводжують виготовлення і реалізацію продукції необхідними інструментами та оснащенням. Тому вдосконалення нормативного забезпечення управління й оцінки якості ІПВ в умовах функціонування інформаційних технологій є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого забезпечить підвищення ефективності виробництва, включаючи підвищення надійності, зниження витрат і скорочення часу на підготовку машинобудівного підприємства з питань інструментального забезпечення. В умовах сучасних ринкових відносин машинобудівному підприємству ефективне функціонування й конкурентні переваги може забезпечити тільки ефективна система управління його виробничою діяльністю на основі широкого використання сучасних інформаційних технологій, які є важливим джерелом підвищення ефективності рішень, що приймаються, продуктивності й конкурентоспроможності виробництва. Метою даної роботи є підвищення ефективності

системи інструментальної підготовки виробництва машинобудівних підприємств шляхом удосконалення її нормативного забезпечення на основі прогнозування її техніко-економічних показників (ТЕП) в умовах використання сучасних інформаційних технологій. Однією з основних задач дослідження є розробка механізмів й інструментаріїв створення моделі управління якістю ІПВ в умовах інформаційних технологій, що базуються на застосуванні методів прогнозування й оптимізації. Об'єктом дослідження є система управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва. Предметом дослідження є нормативне забезпечення управління якістю ІПВ в умовах впровадження інформаційних технологій. Теоретичні дослідження базуються на використанні принципів TQM при управлінні якістю інформаційної системи ІПВ (ІС ІПВ). Для вирішення наукових завдань були використані фундаментальні положення основ теорії управління якістю, теорії ухвалення рішень, кваліметрії та інші. В роботі розглядається модель інформаційної системи управління якістю ІПВ машинобудівного підприємства на основі аналізу прийнятих