

УДК 621.7.01:539.431:519.237.7

К.С. Барандич, С.П. Вислоух, канд. техн. наук, доц.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ТОКАРНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

C.S. Barandych, S.P. Vysloukh, Ph.D., Assoc. Prof.

TURNING PROCESSING OPTIMIZATION OF PARTS, WORKING IN CONDITIONS OF CYCLIC LOADING

Втомне руйнування є причиною виходу з ладу більше 70 % деталей машин таких як вали, зубчаті колеса, шатуни, пальці, шестерні, ротори та їх кріпильні елементи, що працюють під дією змінних навантажень. Надійність роботи технічних засобів в значній мірі залежить від стану поверхневого шару матеріалу деталей, особливо таких, що працюють в умовах змінних навантажень. Крім того, кількість циклів до руйнування деталей суттєво залежить від умов їх експлуатації – амплітудного напруження циклу.

Технологічні режими виготовлення деталей призначаються відповідно до регламентованих конструктором точності розмірів, параметрів якості та, за необхідності, твердості поверхневого шару. Це обмежує можливості технологічного забезпечення втомних характеристик матеріалу деталей та прогнозування циклічної довговічності деталей при експлуатаційних навантаженнях. Крім того, у зв'язку із постійним ростом швидкості оновлення та вдосконалення машин та механізмів, необхідно забезпечити максимальну продуктивність оброблення деталей, враховуючи при цьому вимоги до їх якості та експлуатаційного призначення.

Отже, метою даної роботи є технологічне забезпечення максимальних значень циклічної довговічності матеріалу деталі та продуктивності її виготовлення шляхом визначення оптимальних режимів токарного оброблення.

Механічне оброблення деталі викликає пластичну деформацію, нагрівання та структурні перетворення в поверхневому шарі матеріалу і супроводжується виникненням нерівномірних за глибиною та значеннями залишкових деформацій і напружень. В залежності від того, яке явище є домінуючим (пластична деформація, нагрівання чи структурні перетворення), поверхневий шар може відрізнитися фізико-механічними характеристиками та структурно-фазовим складом [1]. Втомна міцність та циклічна довговічність деталей, які працюють в умовах циклічного і знакозмінного навантаження, залежить від шорсткості поверхонь, окремих дефектів і нерівностей що сприяють концентрації напружень, які можуть перевищити границю міцності [2, 3].

Вплив технологічних умов механічного оброблення на втомні характеристики матеріалу деталі визначали на зразках з конструкційної сталі 40X ГОСТ 4543-71. Для проведення експериментальних досліджень на втому, згідно з ГОСТ 25.502-79, обрано схему навантаження – чистий згин при обертанні зразка, відповідно до якої виготовлено зразки для дослідження. При цьому, з метою видалення рисок на поверхні зразків та округлення гострих крайок на зразках здійснювали шліфування та механічне полірування. Для знаття наклепу від попереднього механічного оброблення, зразки піддавали термічному обробленню в середовищі захисного газу. Токарне оброблення здійснювали на токарному оброблюваному центрі HAAS ST20 різцем PVDNN 2525M-16Q з різальною пластинкою із кубічного нітриду бору VBGW 160404T00815SE без охолодження. Оброблення зразків кожної з трьох групи виконували з глибиною різання

$t = 0,3\text{мм}$ і швидкістю різання $V=80$ м/хв та подачею $S=0,12\text{мм/об}$ для першою групи, $V= 120$ м/хв; $S=0,08\text{мм/об}$ для другої та $V=180$ м/хв; $S=0,08\text{мм/об}$ для третьої групи. Випробування на втому проводили на випробувальній машині МУИ-6000 за частоти 2000 об/хв.

Отримані експериментальні значення фактичного напруження циклу та кількості циклів до руйнування дозволили методами регресійного аналізу даних [4], встановити математичну залежність циклічної довговічності від режимів токарного оброблення та напруження циклу з довірчою ймовірністю 0,95:

$$N(S, V, \sigma) = e^{(14.437 + 0.0048V + 13.006S - 13.19\sigma + 0.002VS - 0.002V\sigma - 5.941S\sigma + 0.0000004V^2 + 2.929S^2 + 3.013\sigma^2)}, \quad (1)$$

де S – подача інструмента за один оберт шпинделя, мм/об; V – швидкість різання, м/хв.; σ – напруження циклу, МПа.

Отримана залежність (1) дозволяє сформуванню комплексної цільової функції [4], яка складається з двох часткових критеріїв оптимізації – циклічної довговічності та продуктивності процесу оброблення:

$$C(S, V, \sigma) = \left(\alpha_1 \cdot \left(\frac{N(S, V, \sigma) - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \right) + \alpha_2 \cdot \left(\frac{\Pi(S, V) - \Pi_{\min}}{\Pi_{\max} - \Pi_{\min}} \right) \right), \quad (2)$$

де α_i , $i=1,2$ – коефіцієнти, що визначають важливість кожного часткового критерію, значення яких є оцінками експертів; Π – продуктивність чистового механічного оброблення, 1/хв; S – подача інструмента за один оберт шпинделя, мм/об; V – швидкість різання, м/хв.; σ – напруження циклу, МПа.

Таким чином, математична модель процесу токарного оброблення деталей, що працюють в умовах циклічно змінних навантажень, представляється сукупністю цільової функції та системи обмежень (по подачі, швидкості, силі та потужності різання, точності оброблення, стійкості інструменту та шорсткості оброблюваної поверхні). Представлена задача багатокритеріальної оптимізації є багатовимірною задачею нелінійного математичного програмування, для розв'язання якої використано метод ковзаючого допуску [4]. Реальні характеристики матеріалу деталі при визначенні втомних його характеристик враховано шляхом визначення коефіцієнту відносної оброблюваності матеріалу згідно з методикою, що представлена в [5]. Розв'язання оптимізаційної задачі дозволяє врахувати можливості використовуваного обладнання та інструменту, точність розмірів оброблюваної поверхні та її шорсткість й визначити оптимальні значення режимів різання, які забезпечують максимальні величини циклічної довговічності матеріалу деталі та продуктивності її виготовлення при відомих експлуатаційних навантаженнях.

Література

1. Урядов С.А. Влияние технологий обработки на сопротивление усталости деталей машин / С.А. Урядов // Справочник. Инженерный журнал. – 2009. – №9. – с.8-11.
2. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей. / Колл. авт.; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.: ил.
3. P.V. Jadhav, D.S. Mankar • Effect of surface roughness on fatigue life of machined component of Inconel 718 // Bharati Vidyapeeth Deemed University College of Engineering (Pune), International Conference vol. 11, 2010, p. 11.
4. Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Вислоух. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 488 с.
5. Барандич К.С. Вибір раціональних режимів обробки конструкційних матеріалів. / К.С. Барандич, О.В. Волошко, С.П. Вислоух // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. пр. / Відпов. ред. Г.М.Вигльський, к.т.н., проф. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – Вип. 10. – С.64-72.