

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВТОМНУ МІЦНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Гречаний О.М., Васильченко Т.О., Бадло В.В.,
Чувальський М.В., Падалка О.О., Пархоменко В.В.
Запорізький національний університет, Україна

Вступ. Специфічні умови роботи металургійного обладнання, обумовлені не тільки динамічними навантаженнями, а й особливостями перебігу технологічного процесу, вимагають особливої уваги при конструюванні їхніх вузлів з огляду на надійність та безвідмовну роботу [1].

Окрім забезпечення надійності під час експлуатації складові частини технологічного обладнання мають допускати легке регулювання, а у випадку аварійних поломок, дозволяти виконувати швидку заміну або ремонт окремих вузлів або деталей, що в свою чергу посилює і так жорсткі конструктивні обмеження при розробці вузлів та агрегатів металургійного комплексу [2].

Таким чином встановлення факторів, що впливають на втомну міцність деталей на етапі їхнього проектування є важливим завданням, вирішення якого дозволить не тільки більш раціонально використовувати матеріали, а й подовжити життєвий цикл деталі в цілому.

Основний матеріал. Втомна довговічність деталей залежить від безлічі факторів, основними з яких є розміри деталей (масштабний фактор), концентрація напружень, якість (шорсткість) поверхні деталі. Довговічність залежить також від хімічного складу матеріалу, його структури, режимів термічної та механічної обробки, поверхневого зміцнення, температури, агресивності навколишнього середовища та ін.

З огляду на те, що зародження втомної тріщини відбувається на поверхні, або поблизу поверхневих шарів [3] можна зробити висновок, що стан поверхні деталі має значний вплив на опір втомному руйнуванню, і є однією з основних характеристик об'ємних механічних властивостей деталей.

Втомна міцність може бути підвищена за рахунок поліпшення якості поверхневого шару шляхом його пластичного деформування (обкатка роликками, дробоструминна обробка та ін.) [4] або шляхом термічної та термохімічної обробки (поверхневе загартування, азотування, ціанування та ін.) [5].

У першому випадку зміцнення створюється за рахунок ущільнення зовнішніх шарів і наведення в них залишкових стискаючих напружень, що

сприяє підвищенню витривалості.

При термічній і термохімічній обробці змінюються структура, хімічний склад і фізико-механічні властивості поверхневого шару, що також викликають виникнення напружень стиснення [6].

Врахування впливу якості поверхні [7] на втомну міцність можна виконати введенням у розрахунок коефіцієнта якості поверхні, який визначається [8]:

$$\beta_{\sigma} = \frac{\sigma'_R}{\sigma_R}, \quad (1)$$

або

$$\beta_{\tau} = \frac{\tau'_R}{\tau_R} \quad (2)$$

де σ'_R τ'_R – межа витривалості зразків, що мають задану обробку поверхні;

σ_R , τ_R – межа витривалості ретельно відполірованих зразків;

З іншого боку при циклічно змінних напруженнях у зоні концентратора напружень зароджується мікротріщина, яка поступово розвивається в макротріщини і послаблює поперечний переріз деталі настільки, що відбувається раптове крихке втомне руйнування [3]. Урахування впливу концентрації напружень на зниження витривалості проводиться введенням у розрахунок ефективного коефіцієнта концентрації, який визначається [8]:

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma_R}{\sigma_{RK}}, \quad (3)$$

де σ_R – межа витривалості гладеньких зразків;

σ_{RK} – межа витривалості зразків з концентраторами напружень та розмірами поперечного перетину такими ж, як і у гладеньких зразків;

Числові значення K_{σ} для найбільш типових концентраторів напружень наводяться в довідковій літературі. При відсутності довідкових даних K_{σ} можна визначити приблизно за формулою:

$$K_{\sigma} = 1 + q(\alpha_{\sigma} - 1) \quad (4)$$

де q – коефіцієнт чутливості матеріалу до місцевих напружень, для конструкційних сталей $q=0,6-0,8$;

α_{σ} – теоретичний коефіцієнт концентрації напружень.

Висновки. Отже, при конструюванні деталей металургійного обладнання врахування впливу концентрації напружень можливе введенням коефіцієнта чутливості матеріалу (4). При варіюванні коефіцієнту чутливості матеріалу до місцевих напружень в (4) в числових межах від 0,6 до 0,8 викликає зниження втомної міцності готової деталі по відношенню до гладких зразків на 20-40 %.

Мінімізація таких концентраторів місцевих напружень як отвори, виточки, вирізи, виступи, а також різкі зміни поперечного перерізу деталі, дозволить підвищити втомну міцність готової деталі по відношенню до гладенького зразка мінімум на 20 %.

Література

1. Influence of technological process parameters on equipment dynamic factor / O. Hrechanyi et al. *System technologies*. 2021. Vol. 3, no. 134. P. 3–12. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-134-2021-01>
2. Гречаний О. М. Обґрунтування вибору технічних параметрів гільйотинних ножиць прокатного стану. *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії*. 2017. Т. 38, № 2. С. 126–130.
3. Belodedenko S., Grechany A., Yatsuba A. Prediction of operability of the plate rolling rolls based on the mixed fracture mechanism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1, no. 7 (91). P. 4–11. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.122818>
4. Дяченко С.С. Матеріали різного призначення, їх обробка та властивості: навчальний посібник / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, І.В. Пономаренко, С.І. Бондаренко, Х.: ХНАДУ, 2016. – 348 с.
5. Acceleration of Saturation Process and Improving Nitrided Layer Properties / S. Dyachenko et al. *Industrial Heating*. 1998. No. 65. P. 99–105.
6. Афанасьєва О.В. Матеріалознавство та конструкційні матеріали. Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2016. – 188 с.
7. Дзюра В. О., Марущак П. О. Технологічні методи забезпечення параметрів якості поверхонь тіл обертання та їх профілометричний контроль : монографія. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. – 170 с.
8. Васильченко Т.О, Шевченко І.А, Гречаний О.М. Опір матеріалів : навчально-методичний посібник Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 263 с.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE FATIGUE STRENGTH OF METALLURGICAL EQUIPMENT PARTS

Hrechanyi Oleksii, Vasilchenko Tetyana, Badlo Vadym, Chuvalskyi Mykhailo,
Padalka Oleksandr, Parkhomenko Volodymyr

Abstract. The causes of fatigue failure of metallurgical equipment parts are analyzed. The relationship between the effect of the quality of surface treatment of the part on the fatigue strength has been established. The influence of local stress concentrators on fatigue strength is determined. These are recommendations for increasing the fatigue strength of the finished part.

Keywords: fatigue failure, stress concentrators, endurance limit.

Reference

1. Influence of technological process parameters on equipment dynamic factor / O. Hrechanyi et al. *System technologies*. 2021. Vol. 3, no. 134. P. 3–12. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-134-2021-01>
2. Hrechanyi O. M. Substantiation of the choice of technical parameters of the guillotine shears of the rolling mill. *Metallurgy: scientific works of the Zaporizhia State Engineering Academy*. 2017. Vol. 38, no. 2. P. 126–130.
3. Belodedenko S., Grechany A., Yatsuba A. Prediction of operability of the plate rolling rolls based on the mixed fracture mechanism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1, no. 7 (91). P. 4–11. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.122818>
4. Dyachenko S.S. Materials of various purposes, their processing and properties: educational guide / S.S. Dyachenko, I.V. Doshchechkina, I.V. Ponomarenko, S.I. Bondarenko, Kh.: Khnadu, 2016. – 348 p.
5. Acceleration of Saturation Process and Improving Nitrided Layer Properties / S. Dyachenko et al. *Industrial Heating*. 1998. No. 65. P. 99–105.
6. Afanasieva O.V. Materials science and construction materials. Education manual. - Kharkiv: Khnure, 2016. – 188 p.
7. Dzyura V. O., Marushchak P. O. Technological methods of ensuring quality parameters of surfaces of rotating bodies and their profilometric control: monograph. Ternopil: FOP Palyanytsia V. A., 2021. – 170 p.
8. Vasilchenko T.O., Shevchenko I.A., Hrechanyi O.M. Resistance of materials: educational and methodological manual Zaporizhzhia: ZNU, 2020. – 263 p.