

МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.7.015:539.431

С. П. Вислоух, к.т.н., доцент,

К. С. Барандич, аспірант,

О. І. Паткевич, ст. викладач

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, корп. 1, к.1-287-1, Київ-56, Україна
Barandichk@ukr.net

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЕНИХ ПОВЕРХОНЬ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПОРУ ВТОМИ ДЕТАЛЕЙ

Встановлено, що, крім параметра Rz , що використовується в ГОСТ 25.504-82 для визначення зміни значення границі витривалості залежно від границі міцності та чистоти поверхні, на значення границі витривалості впливає ряд параметрів шорсткості.

Наведено характер залежностей параметрів шорсткості обробленої поверхні деталі від режимів обробки.

Ключові слова: *втомна міцність, границя витривалості, параметри шорсткості, режими механічної обробки.*

Вступ та постановка завдання. Аналіз відмов машин та механізмів, деталі яких працюють в умовах змінних навантажень, показав, що пошкодження деталей має втомний характер. Тому практичне забезпечення їх втомної міцності має важливе значення. Постійно зростають вимоги до надійності та зменшення матеріалоемності деталей при більш жорстких умовах експлуатації. Тому при виготовленні таких деталей виникає проблема забезпечення максимального резерву їх втомної міцності. Це обумовлено тим, що на опір втомі впливає велика кількість різних факторів (конструктивних, експлуатаційних, технологічних), спільна дія яких на сьогодні ще не визначена. Оскільки, в більшості випадків, зміна конструктивних параметрів, умов та режимів експлуатації є досить обмеженою, тому найбільш ефективним засобом забезпечення втомної міцності є керування технологічними факторами. До технологічних факторів відносяться процеси плавки і отримання металу необхідної міцності, твердості, структури, хімічних та фізико-механічних властивостей, а також фактори, що пов'язані з формоутворенням заготовок та подальшою їх обробкою.

Поверхневий шар деталей в більшості випадків формується шляхом обробки їх різанням, яка викликає пластичну деформацію, нагрівання та структурні перетворення в матеріалі деталі. Таким чином, утворюється

поверхневий шар деталі з певними за знаком та величиною залишковими напруженнями, глибиною та ступенем зміцнення, структурно-фазовим складом, а також шорсткістю поверхні.

При низьких напруженнях, що відповідають багатоциклової втомі, в макрооб'ємі матеріал деформується пружно. Але при пружному деформуванні достатньо великого об'єму в мікрооб'ємах відбувається локальне знакозмінне пластичне деформування, яке називають мікропластичним. Його багаторазове повторення призводить до зародження і початкового розвитку тріщин. Мікронерівності, що утворюються на поверхні внаслідок обробки, є концентраторами напружень і є однією з причин зниження втомної міцності [1; 2]. Так, відповідно до даних Серенсена С. В., напруження на дні рисок в 2–2,5 рази перевищують середню величину напружень поверхневого шару. Причому концентрація напружень залежить не лише від глибини рисок, але і від їх форми. Таким чином якість поверхневого шару обумовлює характеристики опору втомі деталей, основною з яких є границя витривалості.

Відповідно до ГОСТ 25.504-82 зміну значення границі витривалості в залежності від границі міцності та чистоти обробленої поверхні визначають через коефіцієнт впливу шорсткості поверхні за формулою:

$$K_{F\sigma} = 1 - 0,22 \cdot \lg Rz \left(\lg \frac{\sigma_6}{20} - 1 \right), \quad (1)$$

де Rz – висота нерівностей по десяти точкам, мкм;

σ_6 – границя міцності матеріалу деталі, МПа.

Однак, Суслов А. Г. встановив, що на втомну міцність деталей впливають інші параметри якості поверхневого шару, які характеризують залишкові напруження, зміцнення поверхневого шару, а також шорсткість обробленої поверхні. Характер їх впливу на втомну міцність наведено в табл. 1. Їх аналіз показав, що збільшення параметра Rz призводить до зменшення втомної міцності, але основний вплив на дану експлуатаційну характеристику мають параметри R_{max} та Sm .

Характер їх впливу на втомну міцність наведено в табл. 1. Їх аналіз показав, що збільшення параметра Rz призводить до зменшення втомної міцності, але основний вплив на дану експлуатаційну характеристику мають параметри R_{max} та Sm .

Метою статті є визначення границі витривалості залежно від якості обробленої поверхні, враховуючи, окрім параметра Rz , й інші параметри шорсткості, що можуть більш якісно її охарактеризувати.

Таблиця 1

Характер впливу параметрів шорсткості обробленої поверхні деталі на втомну міцність деталей

Експлуатаційна властивість	Параметри шорсткості поверхневого шару деталі						
	Rz	Ra	R_{max}	Rp	tp	Sm	S
Втомна міцність	–	–	–*	+	–	+*	0

Примітка: Позначення «+» або «-» означають, що збільшення або зменшення цих параметрів викликають відповідно покращення або погіршення експлуатаційної властивості (втомної міцності деталі), «*» – параметр має основний вплив на дану експлуатаційну властивість; «0» – параметр не впливає на дану експлуатаційну властивість; i – середнє арифметичне відхилення профілю, мкм; Rz – висота нерівностей по десяти точкам, мкм; R_{max} – найбільша висота профілю, мкм; Rp – висота згладжування профілю шорсткості, мкм; tp – відносна опорна довжина профілю, %; Sm – середній крок нерівностей профілю, мм; S – середній крок місцевих виступів профілю, мм.

Матеріали та методи. З метою перевірки та підтвердження наведених в табл. 1 даних та встановлення найбільш інформативних параметрів шорсткості поверхні, що впливають на втомну міцність, проведено втомні випробування зразків, які були виготовлені із сталі 40Х і оброблялись на трьох режимах різання. При цьому швидкість різання варіювалася від

80 до 180 м/хв, подача від 0,08 до 0,12 мм/об, глибина різання залишалася незмінною – 0,3 мм. Значення параметрів режимів різання наведено в табл. 2. Обробка зразків точінням виконувалась різцями PVVNN 2525M-16Q з різальною пластиною VBGW 160404T00815SE та різальним елементом із кубічного нітриду бору KBN10M.

Таблиця 2

Параметри режимів різання при виготовленні досліджуваних зразків

Параметри різання	Варіанти режимів обробки		
	1	2	3
Швидкість різання, V (м/хв)	120	80	180
Подача, S (мм/об)	0,12	0,08	0,08
Глибина різання, t (мм)	0,3	0,3	0,3

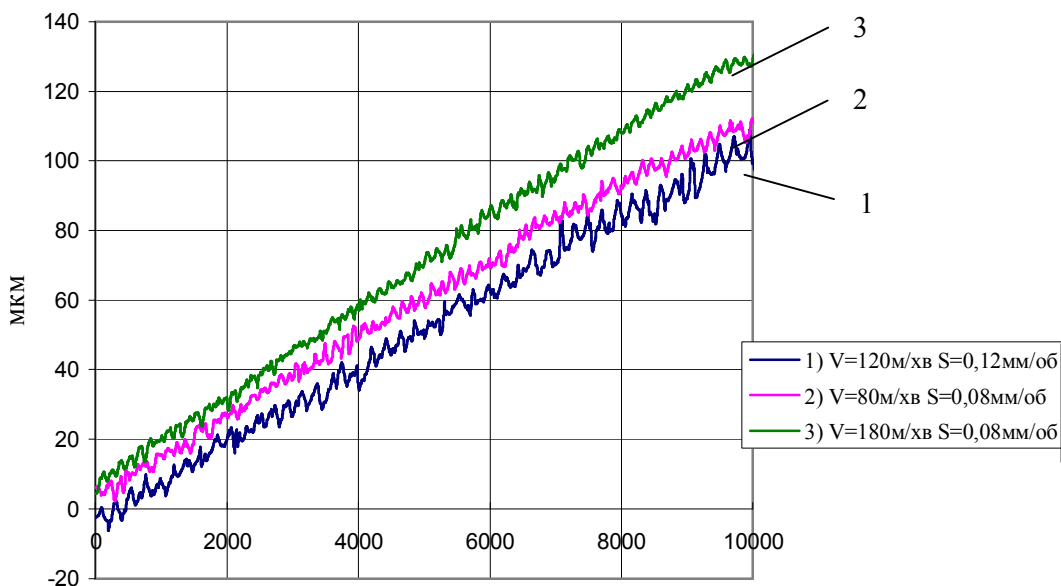
Визначення параметрів шорсткості зразків виконували за допомогою приладу MarSurf PS1, що забезпечує максимальний діапазон вимірювань –350 мкм (від –200 мкм до +150 мкм), максимальну мірну довжину – 17.5 мм та дозволяє вимірювати 28 параметрів

шорсткості за стандартами DIN (ISO), JIS, ANSI/ASME і MOTIF з можливістю запису профілограм в файл на ПК.

Результати та обговорення. На рис. 1 наведено профілограми зразків, що оброблені на різних режимах. Їх аналіз показує, що най-

більший вплив на мікрогеометрію поверхонь зразків має величина подачі: з її, навіть незна-

чим, збільшенням якість поверхні суттєво погіршується.



Точки вимірювання на довжині вимірювання 0,8*5 мм

Рис. 1. Профілограми зразків

В той же час збільшення швидкості різання при постійній подачі призводить до зменшення величин виступів та впадин, але ця зміна є значно меншою. В табл. 3 представлено середні значення частини вимірюваних параметрів шорсткості, де Rq – середньо квадратичне відхилення профілю, мкм;

Rk – основна глибина шорсткості, мкм; Vo – масляний об’єм, $м^3 \cdot см^2$; Rt – повна висота R-профілю, мкм; RSm – середній крок нерівностей профілю, мкм; CR – ширина зони піків профілю, мкм; CF – ширина зони ядра профілю, мкм; CL – ширина зони впадин профілю, мкм.

Таблиця 3

Середні значення параметрів шорсткості зразків залежно від режимів обробки

№ вар. обробки	Ra , мкм	Rz , мкм	$Rmax$, мкм	Rq , мкм	Rp , мкм	Rk , мкм	Vo ,	Rt , мкм
1	2,521606	14,00676	18,50994	3,1815	7,356227	7,630333	0,018985	19,27991
2	1,508597	9,590208	12,52857	1,942167	4,535736	4,663985	0,016625	13,03128
3	1,46175	9,302236	12,02568	1,895	4,587306	4,536028	0,015569	12,64482

№ вар. обробки	Rt , мкм	RSm , мкм	S , мкм	CR (5, 0, 15), мкм	CF (20, 80), мкм	CL (85, 98), мкм
1	19,27991	139,8485	86,11707576	1,830651515	5,307681818	3,348939394
2	13,03128	116,2875	53,98602778	1,05325	3,071277778	2,620986111
3	12,64482	106,1384	50,24734722	1,162597222	2,983375	2,171611111

Відповідно до вимірних значень параметра Rz згідно формули (1) визначено величини коефіцієнта $K_{F\sigma}$. На рис. 2 наведено графічну залежність коефіцієнта $K_{F\sigma}$ від параметра шорсткості Rz . З цього рисунка видно, що збільшення параметра Rz призводить до зме-

нення коефіцієнта $K_{F\sigma}$ та границі витривалості. Однак, врахування мікрогеометрії профілю лише за одним параметром є недостатнім, оскільки на значення границі витривалості мають значний вплив і інші параметри шорсткості.

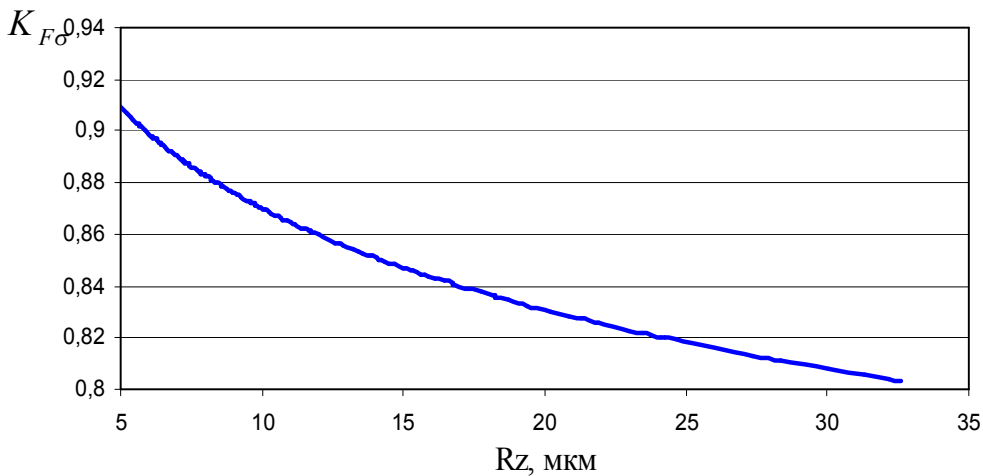


Рис. 2. Графічна залежність параметра шорсткості Rz на коефіцієнт якості поверхні $K_{F\sigma}$

На основі аналізу вимірних за допомогою приладу MarSurf PS1 параметрів шорсткості поверхні вибрано ті параметри, за допомогою яких можна характеризувати мікрогеометрію профілю з точки зору концентраторів напружень. Такими параметрами, відповідно до даних [3], прийняли R_{max} , S_m . Крім того, оцінювалися додатково параметри ширина зони впадин профілю – CL та масляний об'єм – V_0 , що характеризує величину профілю, яка не заповнена матеріалом. Також вимірювали параметри шорсткості Ra та Rz .

Порівняльні діаграми параметрів шорсткості зразків Ra , Rz , R_{max} , S_m , CL , V_0 , що отримані за трьома варіантами режимів різання, представлено на рис. 3 (а-е).

На наведених рисунках видно, що для всіх вимірюваних параметрів їх найбільші значення вказаних параметрів відповідають першому варіанту режимів обробки ($V=120$ м/хв, $S=0,12$ мм/об). Це обумовлено здебільшого значенням величини подачі. Значення вказаних параметрів шорсткості суттєво відрізняються для другого ($V=80$ м/хв, $S=0,08$ мм/об) і третього ($V=180$ м/хв, $S=0,08$ мм/об) варіантів режимів обробки зразків. В той же час, величини значень параметрів шорсткості для зразків, що отримані обробкою другим і третім варіантами режимами, також відрізняються. Так, для усереднених характеристик шорсткості Ra , Rz , а також для R_{max} їх відносна відмінність не перевищує 4–5%, тоді як для параметрів S_m , CL , V_0 – вона становить 9–18%.

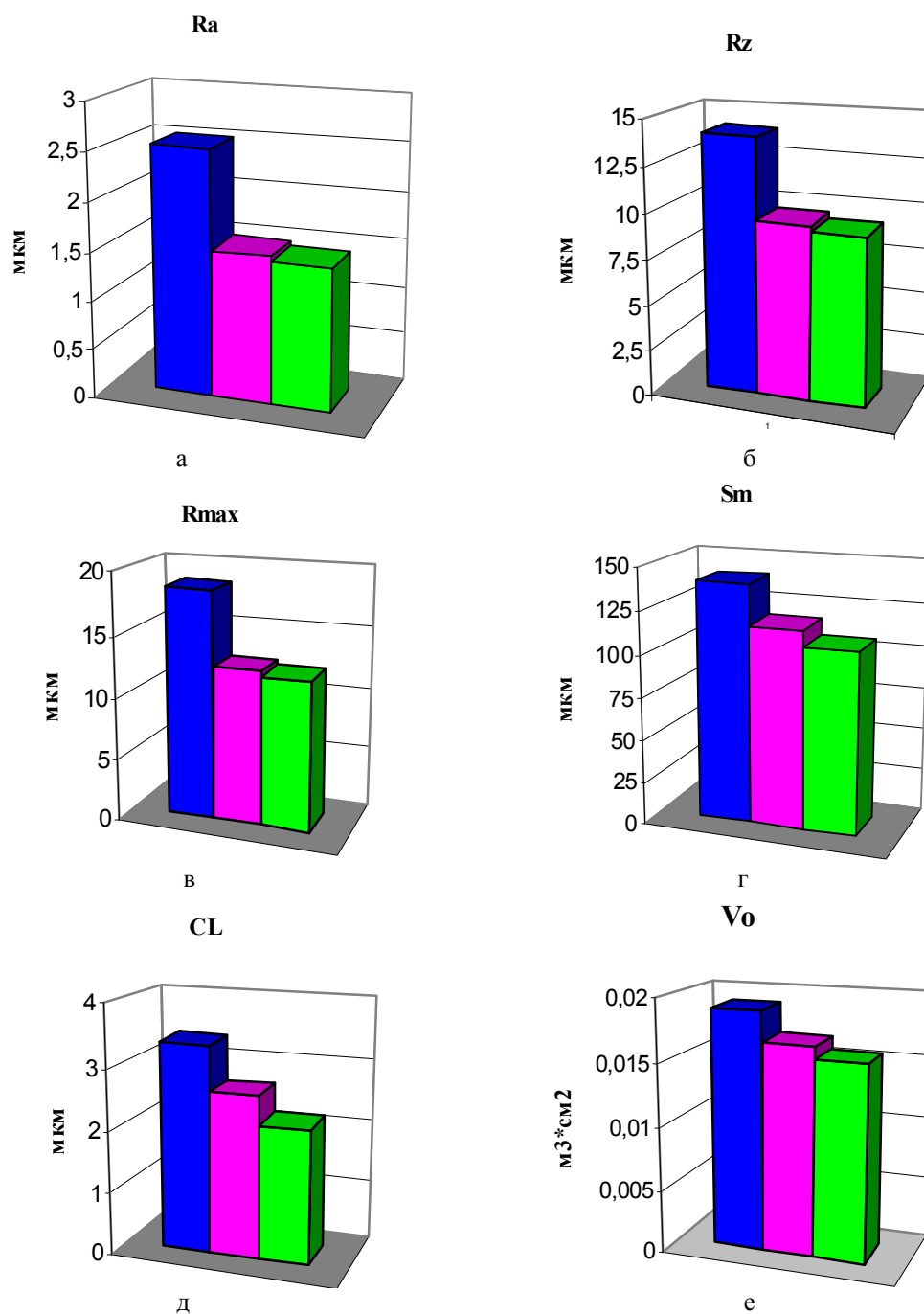


Рис. 3. Залежності параметрів шорсткості поверхні від варіанта режимів обробки:
 а – середнє арифметичне відхилення профілю, мкм; б – висота нерівностей по десяти точках, мкм;
 в – найбільша висота профілю, мкм; г – середній крок нерівностей профілю, мкм;
 д – ширина зони впадин профілю, мкм; е – масляний об'єм, м³*см²

Висновки. Отримані результати експериментальних досліджень показують, що формула (1) не в повній мірі характеризує залежність значення границі витривалості від стану мікрогеометрії профілю, а інші параметри якості поверхневого шару не враховує. Тому доцільним є подальше проведення досліджень з

метою встановлення впливу сукупності параметрів якості поверхневого шару на границю витривалості. Для цього передбачається отримання адекватних математичних залежностей границі витривалості від режимів механічної обробки, оскільки саме режими обробки визначають якість поверхневого шару деталей.

Список літератури

References

1. Jadhav P. V. Effect of surface roughness on fatigue life of machined component of Inconel 718 / P. V. Jadhav, D. S. Mankar // *Bharati Vidyapeeth Deemed University College of Engineering (Pune), International Conference*. – 2010. – Vol. 11. – P. 11.
2. M'Saoubi R. A review of surface integrity in machining and its impact on functional performance and life of machined products / R. M'Saoubi, J. C. Outeiro, H. Chandrasekaran et al. *Int. J. Sustainable Manufacturing*. – 2008. – Vol. 1. – Pp. 203–236.
3. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. / А. Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
1. Jadhav, P. V. and Mankar D. S. (2010) Effect of surface roughness on fatigue life of machined component of Inconel 718. *Bharati Vidyapeeth Deemed University College of Engineering (Pune), International Conference*, (11), p. 11 [in English].
2. M'Saoubi, R., Outeiro, J. C., Chandrasekaran, H. et al. (2008) A review of surface integrity in machining and its impact on functional performance and life of machined products *Int. J. Sustainable Manufacturing*, (1), pp. 203–236 [in English].
3. Suslov, A. G. (2000) The quality of superficial layer of details of machines. Moscow: Mashinostroenie, 320 p. [in Russian].

S. P. Vysloukh, *PhD., associate professor*,

C. S. Barandych, *post-graduate student*,

O. I. Patkevych, *senior lecturer*

National Technical University of Ukraine «Kyiv Politechnic Institute»

Peremogy blvd., 37, build.1, 1-287-1, Kyiv-56, Ukraine

Barandichk@ukr.net

INFLUENCE OF PARAMETERS OF FINISHED SURFACE ROUGHNESS ON THE CHARACTERISTICS OF FATIGUE RESISTANCE OF PARTS

In the manufacture of parts the problem is to maximize a reserve of their fatigue strength. This is because fatigue resistance affects a large number of different factors (structural, operational, technological), the combined effect of which today is not yet determined. Since, in most cases, changing of design parameters, conditions and modes of operation is very limited, so the most effective means of ensuring fatigue strength is by technological factors. At low stresses corresponding multicycle's fatigue the material is deformed elastically in macrovolumes. But elastic deformation of sufficiently large volume in microvolumes is alternating local plastic deformation, which is called microclassified one. Its repetition leads to the emergence and initial development of cracks. Asperities formed on the surface as a result of processing are stress concentrators and is one of the reasons for reduction in fatigue strength. It has been established that in addition to Rz parameter, used in GOST 25.504-82, to determine changes of endurance boundary value depending on the strength and purity of boundary surface, endurance boundary value affects a number of roughness parameters. The purpose of the article is to determine endurance boundaries, depending on the quality of machined surface, taking into account, besides Rz parameter, other roughness parameters that can more efficiently characterize it. The character of machined surface roughness parameters of the mode fit for details is shown. It is advisable to conduct further studies to determine the impact of aggregate quality parameters of surface layer on boundary endurance. It is offered to obtain adequate mathematical relationships of boundary endurance from machining modes, because it's processing modes that determine the quality of surface layer of details.

Keywords: *fatigue strength, boundary endurance, roughness parameters, machining parameters.*

Рецензенти: В. А. Ващенко, д.т.н., професор,

В. С. Антонюк, д.т.н., професор