

УДК 621.31:621.771.06-88

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ
ПОВЕРХНОСТИ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ГАЛТЕЛИ
РАБОЧЕГО ВАЛКА****Андрей Анатольевич Мальцев**

доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Аннотация**

Установлена степень влияния параметра шероховатости поверхности галтели на величину коэффициента снижения предела выносливости рабочего валка прокатного стана в месте плавного перехода от шейки к бочке.

Ключевые слова: шероховатость, прокатный стан, циклическая прочность.

**A STUDY OF THE INFLUENCE OF ROUGHNESS SURFACE ON FATIGUE
STRENGTH OF FILLET WORK ROLL****Andrey A. Maltsev**

associate professor, BMSTU ФН-7 and МТ-10 Departments

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**ABSTRACT**

The degree of influence of the surface roughness fillet parameter on the value of the coefficient of reduction of the endurance limit of the working roll of the rolling mill in the place of smooth transition from the neck to the barrel is established.

Keywords: roughness, rolling mill, cyclic strength.

Введение

Объект исследования – кольцевая галтель в месте перехода от шейки к бочке рабочего валка прокатного стана [1].

Цель исследования – установить степень влияния шероховатости поверхности галтели на циклическую прочность рабочего валка в месте перехода от шейки к бочке.

Исходные данные:

- 1) $\sigma_s = 850$ МПа – предел прочности стали, из которой изготовлен рабочий валок;
- 2) $D = 250$ мм – больший диаметр кольцевой галтели;
- 3) $d = 150$ мм – меньший диаметр кольцевой галтели;
- 4) $\rho = 25$ мм – радиус закругления кольцевой галтели;
- 5) $\alpha_\tau = 1,3$ – теоретический коэффициент концентрации касательных напряжений в области расположения кольцевой галтели, вычисленный на основании вышеприведенных геометрических размеров по формуле [2]

$$\alpha_\tau = 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{6,8\rho}{D-d} + 19,0 \frac{\left(1 + \frac{d}{2\rho}\right)^2}{\left(\frac{d}{2\rho}\right)^3} + \frac{4\rho^2}{(D-d)^2} \cdot \frac{d}{D}}}$$

Задача исследования: варьируя величину параметра шероховатости поверхности в широком диапазоне ($R_z = 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100$ мкм), исследовать влияние этого конструктивного фактора на величину коэффициента снижения предела выносливости кольцевой галтели (K); построить в логарифмических координатах диаграммы Вёллера для визуализации результатов эксперимента.

Материалы и методы исследования

Материалы исследования – расчетные формулы, взятые из ГОСТ 25.504-82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости» [3].

Фрагмент программы в среде MathCAD для вычисления коэффициента снижения предела выносливости кольцевой галтели (табл.1):

$$\sigma_B := 850$$

$$D := 250$$

$$d := 150$$

$$\rho := 25$$

$$\alpha_T := 1.3$$

$$R_Z := \begin{pmatrix} 1.6 \\ 3.2 \\ 6.3 \\ 12.5 \\ 25 \\ 50 \\ 100 \end{pmatrix}$$

$$G_T := \frac{1.15}{\rho} + \frac{2}{d}$$

$$G_T = 0.06$$

$$\Theta := \frac{\pi \cdot d}{88.3 \cdot G_T} = 89.95$$

$$\Theta = 89.95$$

$$\nu_{\sigma} := \begin{cases} 0.211 - 0.000143 \cdot \sigma_B & \text{if } \sigma_B \leq 1300 \\ 0.025 & \text{if } \sigma_B > 1300 \end{cases}$$

$$\nu_{\sigma} = 0.09$$

$$\nu_{\tau} := 1.5 \cdot \nu_{\sigma}$$

$$\nu_{\tau} = 0.13$$

$$K_{F\sigma} := 1 - 0.22 \cdot \log(R_Z) \cdot \left(\log\left(\frac{\sigma_B}{20}\right) - 1 \right)$$

$$K_{F\tau} := 0.575 \cdot K_{F\sigma} + 0.425$$

$$K_{\text{ww}} := \frac{2 \cdot \alpha_{\tau}}{1 + \Theta^{-\nu_{\tau}}} + \frac{1}{K_{F\tau}} - 1$$

$$K_{F\sigma} = \begin{pmatrix} 0.97 \\ 0.93 \\ 0.89 \\ 0.85 \\ 0.81 \\ 0.77 \\ 0.72 \end{pmatrix} \quad K_{F\tau} = \begin{pmatrix} 0.98 \\ 0.96 \\ 0.94 \\ 0.91 \\ 0.89 \\ 0.86 \\ 0.84 \end{pmatrix}$$

$$K = \begin{pmatrix} 1.697 \\ 1.723 \\ 1.749 \\ 1.776 \\ 1.806 \\ 1.837 \\ 1.870 \end{pmatrix}$$

Фрагмент программы в среде MathCAD для построения диаграммы Вёллера по трем параметрам (τ_{A-A}, N_G, m) , определяемым в соответствии с рекомендациями ГОСТ 25.504-82 (рис. 2, 3):

$$\sigma_B := 850$$

$$\sigma_{-1} := (0.55 - 0.0001 \cdot \sigma_B) \cdot \sigma_B$$

$$\sigma_{-1} = 395.3$$

$$\tau_{-1} := 0.6 \cdot \sigma_{-1}$$

$$\tau_{-1} = 237.1$$

$$K := 1.697$$

$$\tau_{AA} := \frac{\tau_{-1}}{K}$$

$$\tau_{AA} = 139.7$$

$$N_G := 2 \cdot 10^6$$

$$m := \frac{5 + \frac{\sigma_B}{80}}{K}$$

$$m = 9.2$$

$$\tau_a := 0.7 \cdot \sigma_B \cdot \tau_{AA}$$

$$N(\tau_a) := \frac{\tau_{AA}^m \cdot N_G}{\tau_a^m}$$

Полученные результаты

Таблица 1.

Результаты вычислений с применением компьютерной программы

№ эксперимента	Шероховатость поверхности R_z , мкм	Коэффициенты влияния шероховатости поверхности		Коэффициент снижения предела выносливости K
		$K_{F\sigma}$	$K_{F\tau}$	
	1,6	0,97	0,98	1,697
	3,2	0,93	0,96	1,723
	6,3	0,89	0,94	1,749
	12,5	0,85	0,91	1,776
	25	0,81	0,89	1,806
	50	0,77	0,86	1,837
	100	0,72	0,84	1,870

Для визуализации результатов вычислений были построены диаграммы Вёллера в логарифмических координатах (рис. 1).

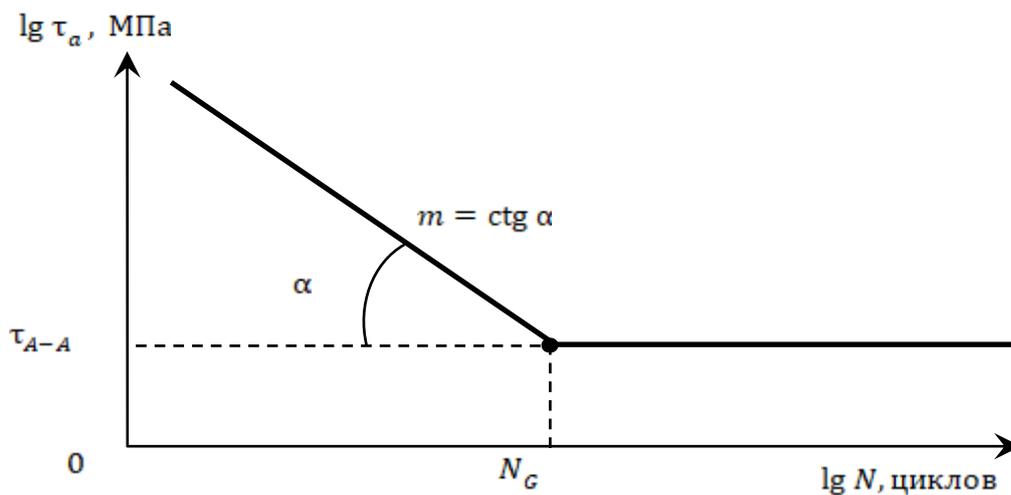


Рисунок 1. Диаграмма Вёллера:
 N — ось чисел циклов;
 τ_a — ось амплитудных напряжений

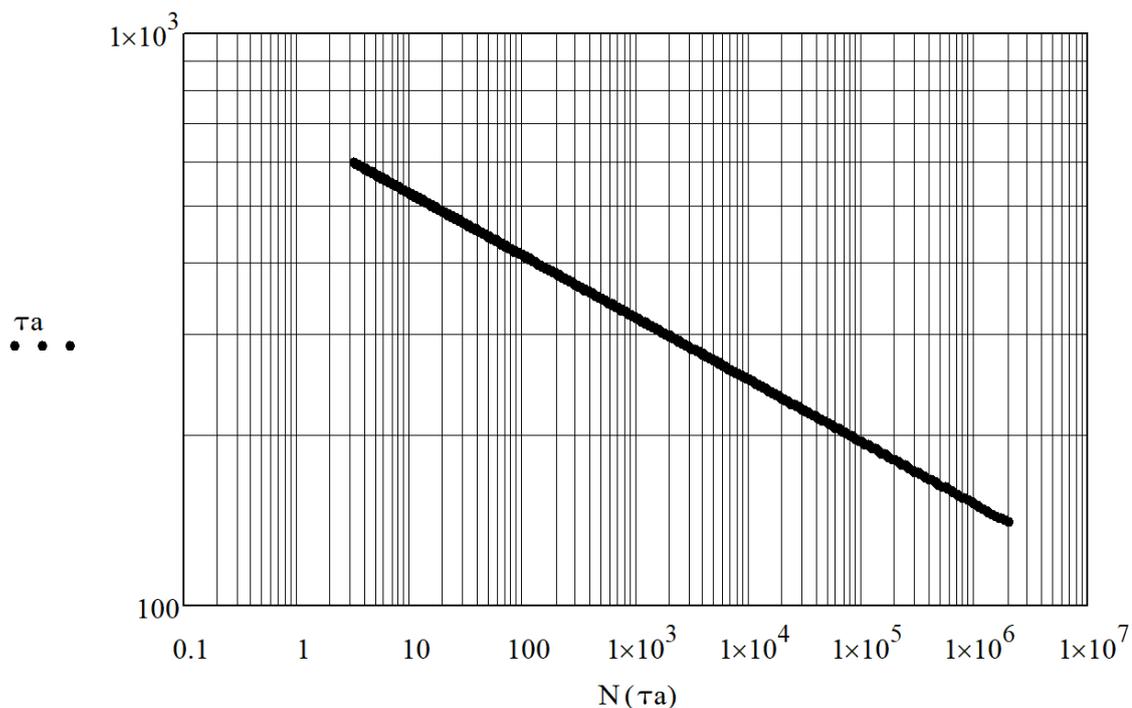


Рисунок 2. Результат эксперимента №1:
 $K = 1,697$; $\tau_{A-A} = 139,7$ МПа ; $m = 9,2$

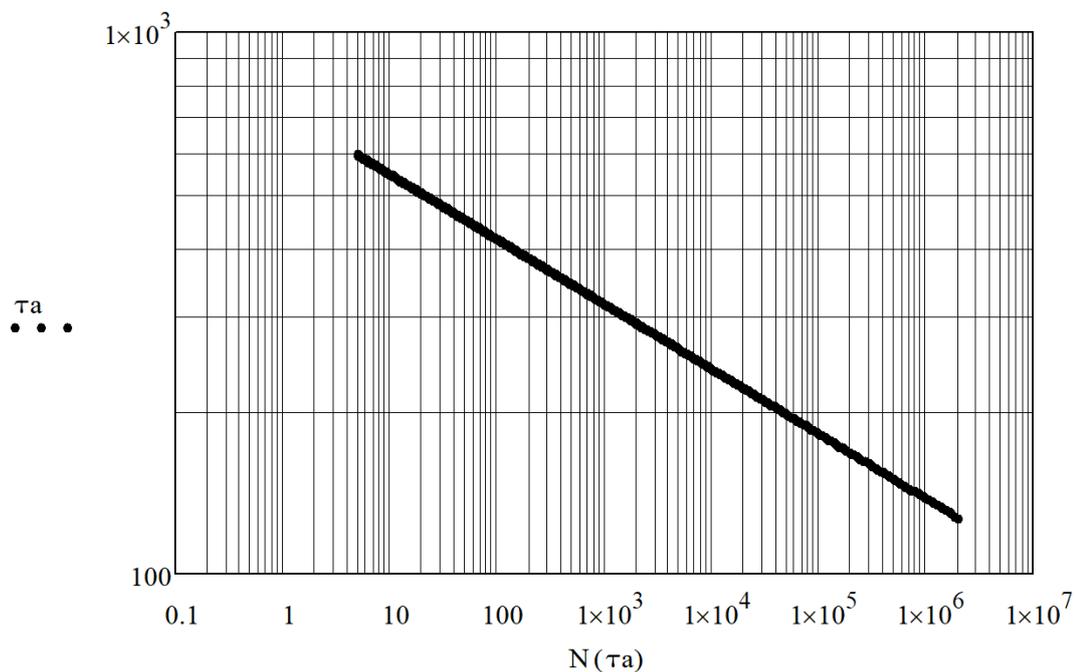


Рисунок 3. Результат эксперимента №7:
 $K = 1,870$; $\tau_{A-A} = 126,8$ МПа ; $m = 8,4$

Выводы

1. В соответствии с рекомендациями ГОСТ 25.504-82, автором была запрограммирована в среде MathCAD методика расчета трех характеристик сопротивления усталости для определения предела выносливости кольцевой галтели (τ_{A-A}), расположенной в месте опасного сечения А-А, координаты точки перелома кривой усталости (N_G) и параметра угла наклона ее левого участка (m).

2. Обнаружено, что при увеличении величины параметра шероховатости поверхности кольцевой галтели (R_z), от 1,6 до 100 мкм, коэффициент снижения предела выносливости кольцевой галтели (K) лишь незначительно возрастает от 1,697 до 1,870.

3. С возрастанием коэффициента снижения предела выносливости (K) от 1,697 до 1,870 снижается предел выносливости кольцевой галтели (τ_{A-A}) на величину от 139,7 до 126,8 МПа и уменьшается величина параметра угла наклона левого участка (m) от 9,2 до 8,4.

4. По найденным трем параметрам (τ_{A-A}, N_G, m) в среде MathCAD были построены диаграммы Вёллера в логарифмических координатах, что необходимо для визуализации вычислительных результатов.

5. Методы исследования и полученные вычислительные результаты могут быть использованы в учебных целях для формирования у студентов собственных профильно-специализированных компетенций (СПСК), таких как СПСК-10.3 (способность выполнять работы по проектированию машин и автоматизированных технологических комплексов в прокатном производстве) и СПСК-10.8 (способность использовать современные методы моделирования, исследования и расчетов технологических комплексов в прокатном производстве).

Список литературы

1. Колесников А.Г., Яковлев Р.А., Мальцев А.А. Технологическое оборудование прокатного производства. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 158 с.
2. Мальцев А.А. Исследование теоретического коэффициента концентрации напряжений в опасном сечении рабочего вала. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 6. – С. 169 – 178. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-6-2020/a230002>
3. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. – Москва, «Машиностроение», 1977. – 232 с.

References

1. Kolesnikov A.G., Yakovlev R.A., Maltsev A.A. Technological equipment for rolling production. – Moscow: BMSTU, 2014. – 158 p. [in Russian].
2. Maltsev A. A. Study of the theoretical stress concentration coefficient in the dangerous cross section of the working roll. – [Electronic resource] Original research (ORIS), 2020, No. 6. – P. 169-178. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-6-2020/a230002> [in Russian].
3. Kogaev V. P. Calculations for strength at stresses, variables in time. Moscow, Mashinostroenie, 1977. – 232 p. [in Russian].