

УДК 621.785.616.1

Влияние термической обработки на качество поверхности, полученной методом фрезерования

Левченков Данила Максимович (*)

levchenkov.danila@yandex.ru

Гончаров Александр Александрович

al.goncharow@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена исследованию влияния термической обработки на качество поверхности, полученной методом фрезерования, в зависимости от исходных значений параметров шероховатости и температуры выдержки. Проведен эксперимент, в ходе которого осуществлялись измерения значений параметров шероховатости до и после каждого этапа термической обработки. С учетом полученных результатов сделан вывод об отсутствии негативного влияния термической обработки на изменение параметров шероховатости.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, среднее арифметическое отклонение профиля поверхности, высота неровностей профиля по десяти точкам, термическая обработка, объемная закалка, отпуск, режим термической обработки

The effect of heat treatment on milled surface quality

Levchenkov Danila Maksimovich (*)

levchenkov.danila@yandex.ru

Goncharov Alexandr Alexandrovich

al.goncharow@yandex.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This paper is devoted to the study of the effect of heat treatment on the quality of the surface obtained by milling, depending on the initial values of the roughness parameters and the temperature of the exposure. An experiment was conducted, during which the values of the roughness parameters were measured before and after each stage of heat treatment. Based on the obtained results, it was concluded that there is no negative effect of heat treatment on the change in the roughness parameters.

Keywords: surface roughness, average deviation of the surface profile, height of the profile irregularities at ten points, heat treatment, volumetric hardening, tempering, heat treatment mode

Введение. Исследование влияния термической обработки на качество поверхности заготовки в отдельности от размерной точности является важной задачей, решение которой позволит расширить область прогнозирования получаемых результатов и предоставит возможность повысить технико-экономические показатели технологического процесса изготовления детали с повышенными требованиями к качеству поверхностей, содержащего операции окончательной термической обработки, путем отказа от операций дополнительной механической обработки [1–3].

Ранее было установлено, что термическая обработка не оказывает негативного влияния на изменение шероховатости поверхности заготовки, обработанной методом точения [2]. С увеличением температуры выдержки при отпуске и исходных значений параметров шероховатости Ra и Rz их значения после термической обработки изменяются на большую величину. Изучение вопроса инвариантности полученных экспериментальных зависимостей изменения параметров шероховатости поверхностей, полученных различными методами лезвийной обработки, является актуальной задачей.

Материалы и методы. Проведен эксперимент по термической обработке пяти стальных заготовок (круглый прокат, сталь 40X) с пятью плоскими поверхностями, полученными фрезерованием при различных режимах, указанных в табл. 1, на фрезерном станке с ЧПУ КТМ.

Таблица 1

Режимы фрезерования образцов

a_p , мм	a_e , мм	S_z , мм/зуб	n , об/мин
0,15	2	0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25	3000

Термическая обработка полученных образцов, включающая общую объемную закалку и отпуск различных температур, осуществлялась по режимам, указанным в табл. 2 [4, 5].

Таблица 2

Режимы термической обработки образцов

№	Объемная закалка			Отпуск		
	T , °C	τ , мин	Среда охлаждения	T , °C	τ , мин	Среда охлаждения
1	850	45	Масло	200	120	Воздух
2				300		
3				400		
4				500		
5				600		

После отпуска заготовки были подвергнуты травлению в растворе серной кислоты (20 %) при температуре 20 °C в течение 10 мин.

С использованием контурографа M.ERA PLATINUM D1-1542 проводились измерения значения среднего арифметического отклонения профиля поверхности Ra , мкм, и высоты неровностей профиля по десяти точкам Rz , мкм, до и после каждого этапа эксперимента.

Результаты. По измеренным значениям параметров шероховатости до термической обработки (Ra_1 , Rz_1), после закалки (Ra_2 , Rz_2), после отпуска (Ra_3 , Rz_3), после травления (Ra_4 , Rz_4) рассчитаны средние значения абсолют-

ного изменения параметров шероховатости. Графики средних значений абсолютного изменения параметров шероховатости после травления Ra_{Δ} и Rz_{Δ} в зависимости от исходной шероховатости представлены на рис. 1, 2, в зависимости от температуры выдержки при отпуске — на рис. 3, 4.

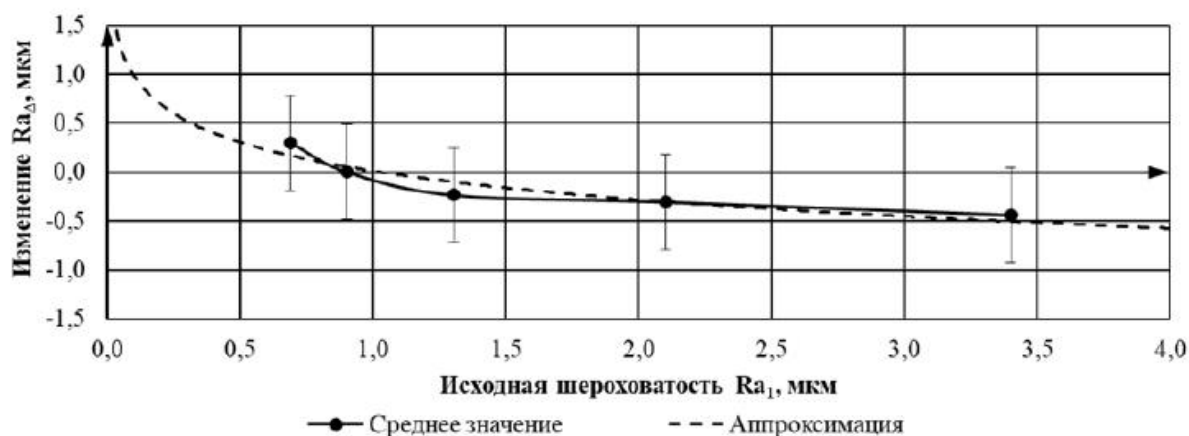


Рис. 1. График абсолютного изменения параметра Ra в зависимости от исходных значений

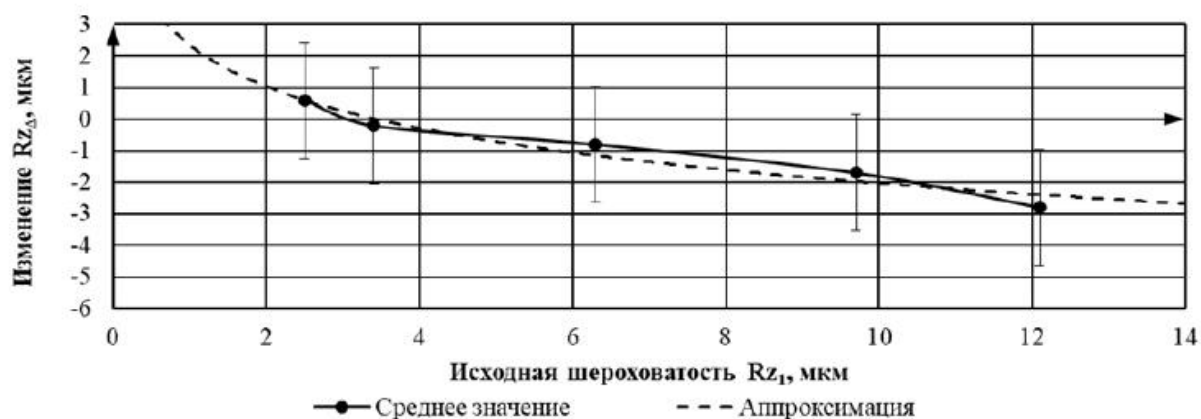


Рис. 2. График абсолютного изменения параметра Rz в зависимости от исходных значений

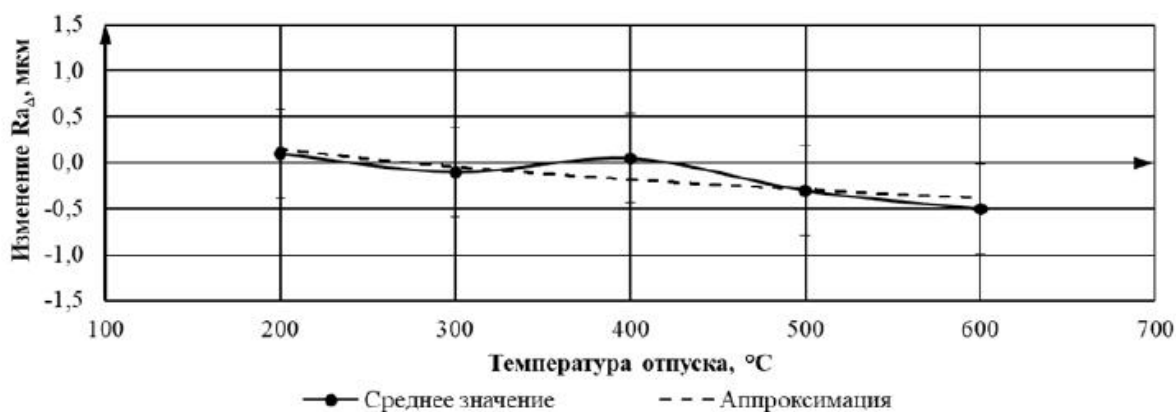


Рис. 3. График абсолютного изменения параметра Ra в зависимости от температуры отпуска

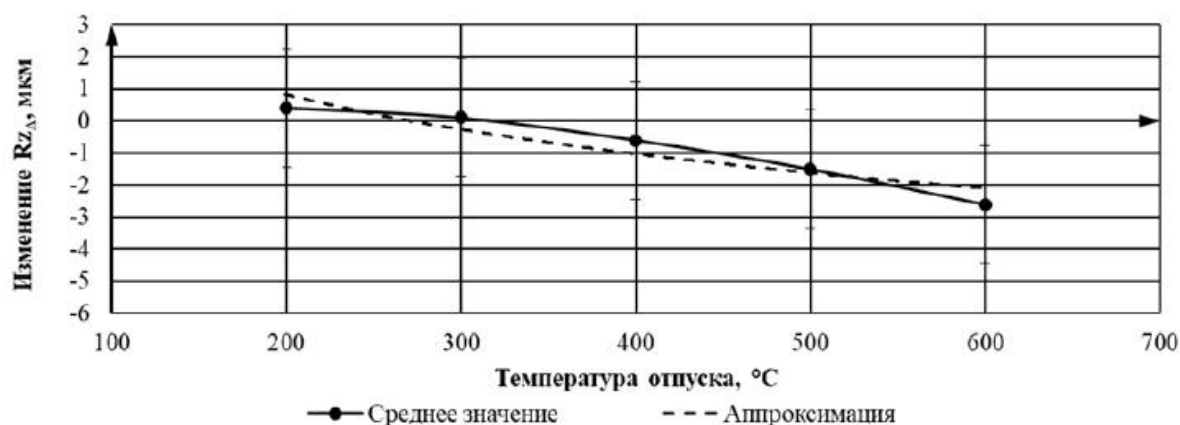


Рис. 4. График абсолютного изменения параметра Rz в зависимости от температуры отпуска

Обсуждение полученных результатов. Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют об отсутствии негативного влияния термической обработки на изменение значений параметров шероховатости в зависимости от их исходных значений и температуры выдержки. В соответствии с полученными результатами возможно сделать следующие выводы:

- с увеличением исходных значений параметров шероховатости Ra и Rz значения, приобретаемые после операции термической обработки, уменьшаются на большую величину;
- с увеличением температуры выдержки значения параметров шероховатости Ra и Rz после термической обработки уменьшаются на большую величину;
- влияние термической обработки на шероховатость поверхности является незначительным при низкотемпературных режимах и низких значениях исходной шероховатости.

Заключение. Таким образом, окончательная термическая обработка заготовок не оказывает негативного влияния на изменение параметров шероховатости поверхностей, полученных фрезерованием. Характер полученных экспериментальных зависимостей не имеет существенных отличий в сравнении с полученными ранее результатами для образцов, обработанных методом точения.

Список источников

- [1] Левченков Д.М. Исследование качества поверхности заготовки, подвергнутой термической обработке. *Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии. Всерос. науч.-техн. конф.: матер.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024. URL: https://studvesna.ru/db_files/articles/3906/thesis.pdf (дата обращения 15.06.2025).
- [2] Левченков Д.М. Влияние термической обработки на качество поверхности, полученной методом точения. *Будущее машиностроения России. XVII Всерос. конф. молодых ученых и специалистов (с междунар. участ.): сб. докл.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025, т. 1, с. 75–78.
- [3] Левченков Д.М. Влияние термической обработки на шероховатость поверхности заготовки в зависимости от температуры выдержки. *Студенческая научная весна: Машино-*

строительные технологии. Всерос. науч.-техн. конф.: матер. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. URL: https://studvesna.ru/db_files/articles/3906/thesis.pdf (дата обращения 15.06.2025).

- [4] Кубашевский О., Гопкинс Б.Э. *Окисление металлов и сплавов*. Москва, Металлургия, 1965, 428 с.
- [5] Лахтин Ю.М., Рахштадт А.Г. *Термическая обработка в машиностроении. Справочник*. Москва, Машиностроение, 1980, 783 с.