

УДК 621.923

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-1-272-13-16

*Д. А. Ивон Нкеуа, Ю. Л. Чигиринский, О. А. Курсин, А. А. Жданов***ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОПРОФИЛЯ
ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ХОНИНГОВАНИИ
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: slone1@mail.ru

Данная статья посвящена исследованию закономерностей формирования микропрофиля обработанной поверхности при хонинговании с предварительной криогенной обработкой. Исследована зависимость шероховатости поверхности от режимов обработки при хонинговании с предварительной криогенной обработкой изделий из низкоуглеродистых сталей. Получены математические модели данных процессов в виде уравнений регрессии. Построены эмпирические кривые зависимости параметра шероховатости Ra с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 9.0 и пакета MathCAD 15.0.

Ключевые слова: хонингование, низкоуглеродистая сталь, криогенная обработка.

*J. A. Yvon Nkeoua, Yu. L. Chigirinsky, O. A. Kursin, A. A. Zhdanov***INVESTIGATION OF THE REGULARITIES OF THE FORMATION
OF THE MICROPROFILE OF THE TREATED SURFACE DURING
HONING WITH PRELIMINARY CRYOGENIC TREATMENT****Volgograd State Technical University**

This article is devoted to the study of the regularities of the formation of the microprofile of the treated surface during honing with preliminary cryogenic treatment. The dependence of surface roughness on processing modes during honing with preliminary cryogenic treatment of products from low-carbon steels has been studied. Mathematical models of these processes in the form of regression equations are obtained. Empirical curves of dependencies of the roughness parameter Ra are constructed using the Microsoft Excel 9.0 application package and the MathCAD 15.0 package.

Keywords: honing, quality of a surface, low-carbon steel, cryogenic processing.

Интерес к вопросам повышения качества обработанной поверхности низкоуглеродистых сталей при хонинговании достаточно высок и постоянно продолжает расти. Существуют различные методы решения данного вопроса [1–3]. Однако следует отметить, что эти методы имеют общие недостатки: сложность и высокая стоимость оборудования. С целью устранения этих недостатков, разработан нами новый метод хонингования с предварительной криогенной обработкой. Данный метод заключается в том, что детали помещаются в криогенный раствор (жидкий азот), где они охлаждаются и после выдерживаются при температуре минус 196 °С. Затем обрабатываемые изделия, не дожидаясь нагрева, подвергают процессу хонингования [9]. В охлажденном состоянии металл имеет повышенную твердость, наблюдается частичная трансформация аустенита в мартенсит, что позволяет абразивным зернам внедряться на меньшую глубину и снизить параметр шероховатости Ra.

Исследования проводились на распространенных в современном машиностроении материалах: нержавеющей стали 12Х18Н10Т и морозостойкой перлитной стали 09Г2С. Высокая механическая устойчивость к низким температурам позволяет использовать изделия из этих сталей на севере России. Высокая антикоррозионная стойкость обуславливает использование 12Х18Н10Т в химической промышленности.

Также были выбраны и определены режимы обработки для исследования способа хонингования с предварительной криогенной обработкой.

Для обработки способом хонингования с предварительной криогенной обработкой необходимо задать следующие режимы:

Таблица 1

Режимы криогенной обработки

Время выдержки стали, ч	1, 12, 24
Исходная температура, °С	-1, -100, -196
Объем жидкого азота, л	3-5

Таблица 2

Режимы обработки хонингования

Давление разжима абразивных брусков, (Р) МПа	0,4
Скорость возвратно-поступательного движения хонголовки, ($V_{в-п}$) м/мин	8
Скорость вращения хонинговальной головки, ($V_{вр}$) м/мин	30; 45; 60

В качестве абразивного инструмента использовались бруски из электрокорунда белого маркировки БП4х5х70WAF120O6VB, на керамической связке, как наиболее распространенные на производстве. А в качестве смазочно-охлаждающей жидкости использовалась эмульсию, BIO-CUT от производителя «WEICOM».

Для построения математической модели зависимости параметра шероховатости Ra от основных параметров обработки было сделано предположение, что зависимость исследуемых показателей от указанных факторов можно представить уравнением регрессии степенно-г[7] вида:

$$F = C \cdot X_1^\alpha \cdot X_2^\beta \cdot X_3^\gamma, \quad (1)$$

где X_1 – исходная температура (Т), °С; X_2 – время выдержки стали в криогенном растворе (t), ч; X_3 – окружная скорость хонголовки (v), м/мин.

Отсюда количество опытов полнофакторного эксперимента: $N = 27$,

В результате чего получено:

$$F(X_1, X_2, X_3) = \left(\left(\frac{F^B}{F^H} \right)^{\left(\frac{\Phi(Z_1, Z_2, Z_3) + 1}{2} \right)} \cdot F^H \right), \quad (2)$$

где F – натуральное значение параметра шероховатости Ra; F^B и F^H – натуральные значения верхнего и нижнего уровней соответственно.

Таким образом, после приведения факторов к натуральному виду и преобразований получим математическую модель параметра шероховатости Ra, для стали 09Г2С и 12Х18Н10Т, при хонинговании с криогенной обработкой.

– стали 09Г2С:

$$Ra(T, t, v) = 1,030 \cdot T^{-0,035} \cdot t^{-0,026} \cdot v^{0,145} \text{ мкм},$$

– стали 12Х18Н10Т:

$$Ra(T, t, v) = 0,785 \cdot T^{-0,032} \cdot t^{-0,026} \cdot v^{0,156} \text{ мкм}.$$

Представлен вывод математических моделей зависимости показателя шероховатости Ra от основных параметров при хонинговании с предварительной криогенной обработкой. В ходе проведения регрессионного анализа были получены адекватные математические модели влияния основных параметров обработки на величину среднего арифметического отклонения профиля Ra. Графически были представлены на рис. 1 эмпирические кривые зависимости параметра шероховатости Ra от исходной температуры при хонинговании.

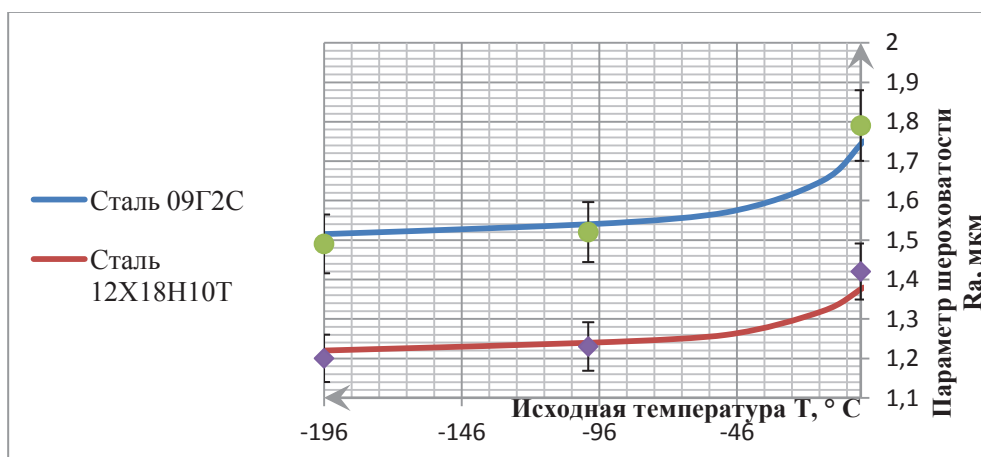
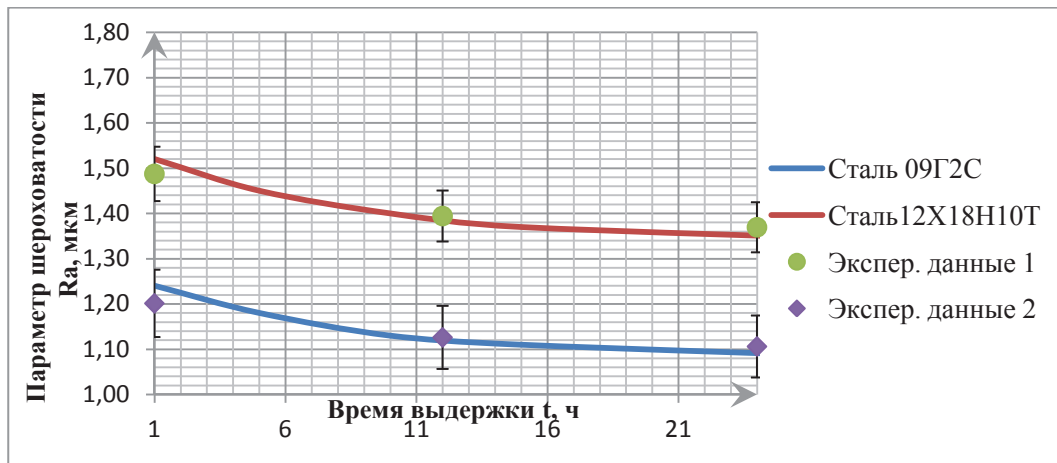
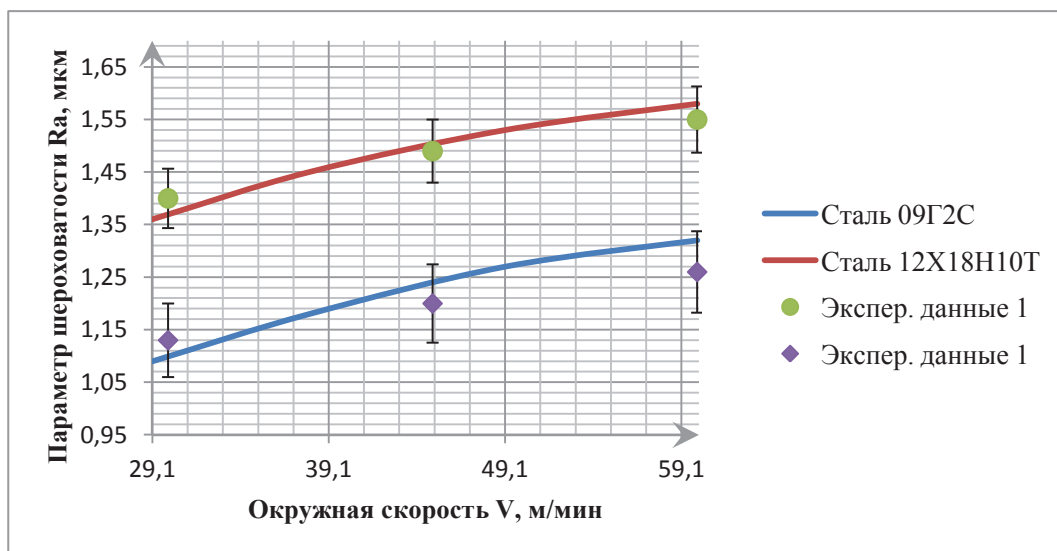


Рис. 1. Зависимость параметра шероховатости Ra от исходной температуры

Очевидно, что с уменьшением температуры T, параметр шероховатости Ra значительно уменьшается. Такая закономерность объясняется, чем что, в охлажденном состоянии металл имеет повышенную твердость, и наблюдается частичная трансформация аустенита в мартен-

сит, что позволяет абразивным зернам внедряться на меньшую глубину и снизить параметр шероховатости Ra.

На рис. 2 эмпирические кривые зависимости параметра шероховатости Ra от времени выдержки стали в криогенном растворе.

Рис. 2. Зависимость параметра шероховатости R_a от времени выдержки стали в криогенном раствореРис. 3. Зависимость параметра шероховатости R_a от окружной скорости хонгирования

На рис. 3 эмпирические кривые зависимости параметра шероховатости R_a от окружной скорости.

Из графика видно, что с увеличением времени выдержки параметр шероховатости R_a снижается. Это объясняется тем, что процесс превращения остаточного аустенита в мартенсит происходит не сразу, для этого требуется время. Существенное влияние на рост числа карбидов оказывает время выдержки при криогенной температуре.

Из графика 3 наблюдается рост параметра шероховатости R_a , при увеличении величины скорости. Это объясняется тем, что с повышением скорости возрастает интенсивность пластической деформации металла при стружкообразовании, происходит нагрев заготовки и снижение ее твердости.

Таким образом, в результате проведения комплексных исследований процесса хонингования с предварительной криогенной обработкой Установлено: что с уменьшением температуры T , параметр шероховатости R_a значительно уменьшается; с увеличением времени выдержки t , параметр шероховатости R_a снижается; с увеличением величины скорости V , увеличивается параметр шероховатости R_a , так как в результате повышения скорости заготовка в процессе обработки нагревается сильнее, и ее твердость снижается. На основании этих зависимостей определены нами наиболее рациональные режимы: исходная температура $T = -196^\circ\text{C}$, время выдержки $t = 24$ ч, скорость вращения хонголки $V=30$ м/мин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Полянчиков, Ю. Н.* Улучшение параметров шероховатости при обработке резанием с опережающим пластическим деформированием / Ю. Н. Полянчиков, Д. В. Крайнев, П. А. Норченко, А. Р. Ингеманссон // Вестник СГТУ. – 2010. – № 1. – С. 67–71.
2. Сталь низкоуглеродистая при содержании углерода до 0,25 %: Справочник металлиста. Том 3 / под ред. А. Н. Малова. – М. : Машиностроение, 1976. – 86 с.
3. *Курсин, О. А.* Исследование путей повышения качества поверхностей изделий из низкоуглеродистых сталей при финишной абразивной обработке : монография / О. А. Курсин, А. Л. Плотников, С. Ч. Као, С. Б. Фам, Н. И. Егоров, М. Ю. Полянчикова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – 104 с.
4. Особенности хонингования с постоянно возрастающей скоростью резания / Ю. Н. Полянчиков, М. Ю. Полянчикова, О. А. Курсин, А. В. Лешуков, Г. В. Геронтиди // Современные направления теоретических и прикладных исследований 2007: сб. науч. тр. по матер. междунар. науч.-практ. конф. Т. 3 «Техн. Науки», Одесса, 15–25 марта 2007 г. / НИПКИ мор. флота Украины, Одес. нац. морск. ун-т. – Одесса, 2007. – С. 47–50.
5. *Куликов, С. И.* Сверлильные и хонинговальные станки / С. И. Куликов, П. В. Волоценко, Ф. Ф. Ризванов, А. Л. Воронов. – Москва: Машиностроение, 1977. – 232 с.
6. Повышение качества поверхности при хонинговании с предварительной криогенной обработкой изделий из низкоуглеродистых сталей / О. А. Курсин, Нкеуа Д. А. Ивон, М. Ю. Полянчикова, А. А. Жданов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 3 (250) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 28–31.
7. *Оробинский, В. М.* Статистические методы определения качества : учеб. пособие / В. М. Оробинский, М. М. Палей, А. Г. Схиртладзе ; ВолгГТУ. – Волгоград, 1997. – 96 с.