

УДК 621.923

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-3-286-13-17

Д. А. Ивон Нкеуа, Ю. Л. Чигиринский, О. А. Курсин, А. А. Кожевникова

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ
НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ
ПРИ ХОНИНГОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: slone1@mail.ru

Рассмотрена возможность совершенствования технологии процесса хонингования, направленной на повышение точности геометрической формы и обеспечение требуемого микрорельефа обработанной поверхности. Абразивная отделочная обработка изделий из низкоуглеродистых сталей сопряжена с проблемами, обусловленными повышенной пластичностью и вязкостью конструкционного материала – «рваная» обработанная поверхность, засаливание и повышенная интенсивность изнашивания абразивных брусков и, как следствие, невысокая геометрическая точность обработки. Известны методы кратковременного повышения твердости (снижения вязкости и пластичности) поверхностного слоя заготовки, такие как наводороживание, термическая обработка и, в частности, криогенная обработка. Рассматривается метод хонингования с предварительной криогенной обработкой, дающий повышение качества обработанной поверхности изделий из низкоуглеродистых сталей.

Ключевые слова: хонингование, качество поверхности, низкоуглеродистая сталь, криогенная обработка, абразивная обработка.

© Ивон Нкеуа Д. А., Чигиринский Ю. Л., Курсин О. А., Кожевникова А. А., 2024.

J. A. Yvon Nkeoua, Yu. L. Tchigirinsky, O. A. Kursin, A. A. Kozhevnikova

INFLUENCE OF THE MAIN PARAMETERS OF CRYOGENIC TREATMENT ON SURFACE ROUGHNESS DURING HONING OF PRODUCTS MADE OF LOW-CARBON STEELS

Volgograd State Technical University

The possibility of improving the technology of the honing process, aimed at increasing the accuracy of the geometric shape and ensuring the required microrelief of the treated surface, is considered. Abrasive finishing processing of products made from low-carbon steels is associated with problems caused by the increased plasticity and viscosity of the structural material - "torn" processed surface, clogging and increased wear rate of abrasive bars and, as a consequence, low geometric accuracy of processing. There are known methods for short-term increase in hardness (reduction of viscosity and plasticity) of the surface layer of the workpiece, such as hydrogenation, heat treatment and, in particular, cryogenic treatment. The method of honing with preliminary cryogenic treatment is considered, which improves the quality of the machined surface of products made of low-carbon steels.

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

Низкоуглеродистые стали находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности. Высокая механическая устойчивость к низким температурам позволяет использовать изделия из этих сталей на севере России. Высокая антикоррозийная стойкость обуславливает использование их в химической промышленности. Финишным этапом обработки многих деталей из подобных сталей является хонингование. Однако хонингование «мяг-

кой» нержавеющей стали 12X18H10T и морозостойкой стали 09Г2С дает плохое качество поверхности: образуются наплывы вдоль следа обработки и появляются задиры.

Различными исследованиями [1–5] доказано, что характеристики микрорельефа хонингованных поверхностей зависят от твердости материала заготовки (рис. 1), что указывает на необходимость повышения твердости поверхности перед обработкой.

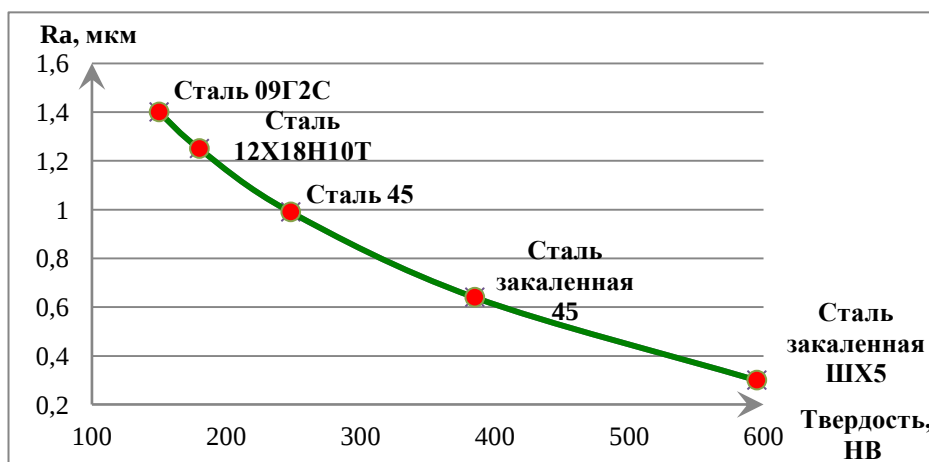


Рис. 1. Зависимость шероховатости Ra поверхности от ее твердости

Однако закалка при температуре 970 °С приводит к тепловым деформациям крупногабаритных изделий. Из этого следует, что перед финишной обработкой крупногабаритных гидро- и пневмоцилиндров изделия из низкоуглеродистых сталей нужно только производить криогенную обработку [6].

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, подвергаются процессу хонингования [7]. 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.

Метод хонингования с предварительной криогенной обработкой исследовался на хонинговальной станке модели ОФ-38А (рис. 2).



Рис. 2. Установка для хонингования с предварительной КО

Для получения объективной оценки влияния параметров метода криогенной обработки, на шероховатость поверхностного слоя обрабатываемой детали проводили профилографирование исследуемой поверхности на участке длиной $L = 4$ мм.

В качестве инструмента применяется, как указано выше, профилометр «Абрис ПМ-7», который соответствует классу шероховатости ГОСТ 2789–73.

Хотелось бы подметить, что все операции велись на одном станке, одним и тем же инструментом.

Сталь 09Г2С: Часть профилограммы обрабатываемой хонингованием поверхности изделия из стали 09Г2С представлена на рис. 3.

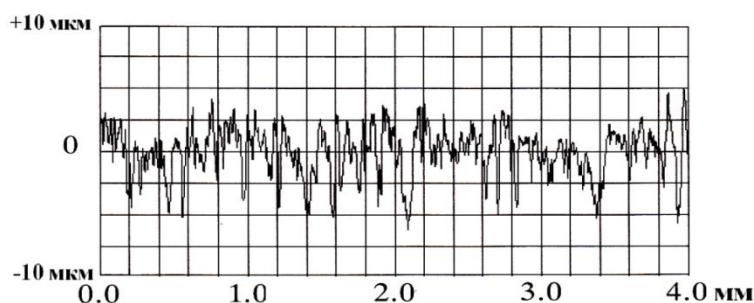


Рис. 3. Профилограмма обработанной поверхности стали 09Г2С хонингованием без предварительной криогенной обработки

Данная профилограмма получена при режимах: давление разжима хонбрусков $P = 0,4$ МПа, скорость возвратно-поступательного движения хонголки $V_{в.п.} = 8$ м/мин, скорость вращения $V_{вр} = 45$ м/мин. Полученный параметр шероховатости составляет $Ra = 1,343$ мкм.

Можно заметить, что поверхность характеризуется наличием большой разновысотности, профиль выступов имеет небольшой угол, то есть представляет собой узкий угол среза, радиусы кривизны которого невелики. Это может быть оправдано тем, что поверхность, образованная хонбрусом, также характеризуется высокими выступами и глубокими острыми впа-

динами, которые при больших динамических нагрузках могут служить концентратором напряжений и источником растрескивания.

Также представлена на рис. 4 часть профилограммы поверхности, полученной после хонингования с предварительной криогенной обработкой.

Данная профилограмма получена при режимах: $P = 0,4$ МПа, $t = 2$ мин; $V_{в.п.} = 8$ м/мин, $V_{вр} = 45$ м/мин; время выдержки в жидком азоте $t = 12$ ч; температура выдержки $T = -196$ °С. Полученный параметр шероховатости составляет $Ra = 0,742$ мкм.

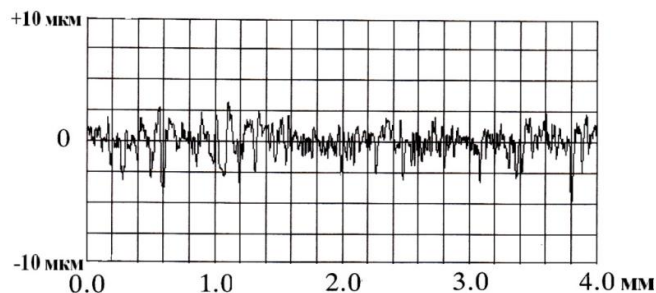


Рис. 4. Профилограмма обработанной поверхности стали 09Г2С хонингованием с предварительной криогенной обработкой

Из профилограммы можно констатировать: наличие меньшей высоты микронеровностей, углубления характеризуются более мягкими краями, дно углублений имеет большие радиусы кривизны, поверхность также характеризуется большей многовысотностью.

Сталь 12X18H10T: Часть профилограммы обрабатываемой поверхности хонингованием стали 12X18H10T представлена на рис. 5.

Данная профилограмма получена при режи-

мах: $P=0,4$ МПа, $V_{в.п.}=8$ м/мин, $V_{вр}=45$ м/мин. Полученный параметр шероховатости $Ra=1,143$ мкм.

Далее, глядя на профилограмму, можно заметить, что поверхность также характеризуется наличием больших микронеровностей, радиусы кривизны которого невелики.

Также представлена на рис. 6 часть профилограммы поверхности, полученной после хонингования данной стали с предварительной криогенной обработкой.

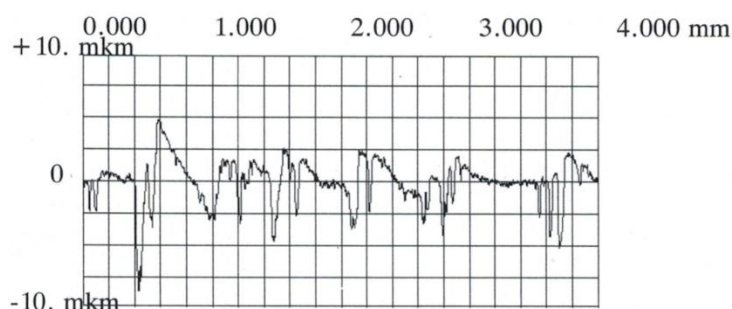


Рис. 5. Профилограмма обработанной поверхности стали 12X18H10T хонингованием без предварительной криогенной обработки

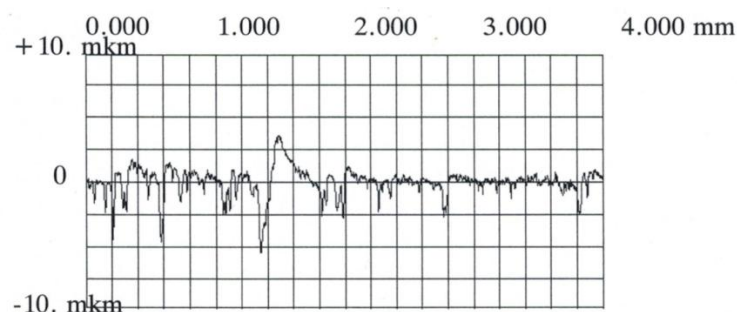


Рис. 6. Профилограмма обработанной поверхности стали 12X18H10T хонингованием с предварительной криогенной обработкой

Данная профилограмма получена при режиме: $P = 0,4$ МПа, $t = 2$ мин; $V_{в.п.} = 8$ м/мин, $V_{вр} = 45$ м/мин; $t = 12$ ч; $T = -196$ °С. Полученный параметр шероховатости составляет $Ra=0,802$ мкм.

В результате исследований установлено, что новый метод позволяет снизить параметр шероховатости Ra до 30 % на низкоуглеродистых сталях.

Кроме того, метод позволяет достичь повышения твердости на момент абразивной обработки в результате частичной трансформации аустенита в мартенсит, повысить твердость и износостойкость сталей за счет роста числа карбидов железа, а также метод дает возможность избежать тепловые деформации изделий и сократить энергозатраты.

Таким образом можно сделать вывод, что направлением повышения эффективности процесса хонингования при обработке низкоуглеродистых сталей является предварительная криогенная обработка. Так как, криогенная обработка позволяет повысить прочностные характеристики сталей, качество поверхности при финишной абразивной обработке и, как следствие, повысить надежность и ресурс изделий.

Способ может значительно увеличить срок службы изделия и его конкурентоспособность в результате значительного повышения качества поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солнцев, Ю. П. Конструкционные стали и сплавы для низких температур / Ю. П. Солнцев, Г. А. Степанов. – М. : Металлургия, 1985. – 271 с.

2. *Кремень, З. И.* Качество поверхностного слоя при обработке абразивными брусками / З. И. Кремень, В. Н. Дугин, В. В. Медведев // Вестник машиностроения. – М. : Машиностроение, 1983. – № 6. – С. 73–75.

3. *Мельникова, Е. П.* Влияние технологических факторов финишной абразивной обработки на качество поверхности / Е. П. Мельникова // Технология машиностроения. – М. : Машиностроение, 2003. – № 3. – С. 13–16.

4. *Кудояров, Р. Г.* Повышение качества деталей при алмазном хонинговании / Р. Г. Кудояров // Станки и инструменты. – М. : Машиностроение, 2006. – № 5. – С. 35–37.

5. *Маталин, А. А.* Шероховатость поверхности деталей в приборостроении / А. А. Маталин. – М. : Машгиз, 1949. – 197 с.

6. Исследование закономерностей формирования микропрофиля обработанной поверхности при хонинговании с предварительной криогенной обработкой / Нкеуа Д. А.

Ивон, Ю. Л. Чигиринский, О. А. Курсин, А. А. Жданов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 1 (272) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2023. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 13–16. – DOI: 10.35211/1990-5297-2023-1-272-13-16.

7. Studying the Process of Honing with Preliminary Cryogenic Treatment of Products from Low-Carbon Steels / Нкеуа Д. А. Ивон, О. А. Курсин, А. А. Жданов, М. Ю. Поляничкова, А. Соловьев // Proceedings of the 8th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2022 (May 16-20, 2022 ; virtual conference) / eds.: A. A. Radionov, V. R. Gasiyarov ; Moscow Polytechnic University, Tula State University, Volgograd State Technical University. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 944-954. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14125-6_92. – (Book ser. Lecture Notes in Mechanical Engineering – LNME).