О. А. Курсин, Д. А. Ивон Нкеуа, М. Ю. Полянчикова, А. А. Жданов

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ХОНИНГОВАНИИ
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ
ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: slonel@mail.ru

Статья посвящена исследованию нового метода хонингования с предварительной криогенной обработкой, который повышает качество обработанной поверхности изделий из низкоуглеродистых сталей.

Ключевые слова: хонингование, низкоуглеродистая сталь, криогенная обработка.

O. A. Kursin, J. A. Yvon Nkeoua, M. Yu. Polyanchikova, A. A. Zhdanov

**IMPROVE THE SURFACE QUALITY DURING HONING WITH PRELIMINARY
CRYOGENIC TREATMENT OF PRODUCTS FROM LOWCARBON STEELS**

Volgograd State Technical University

The article is devoted to the study of a new method of honing with preliminary cryogenic treatment, which improves the quality of the machined surface of low-carbon steel products.

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

Наиболее пятидесяти процентов территории Российской Федерации расположено севернее изотермы января с температурой -20°C . Такие районы, как Заполярье, Якутия, Сибирь, Дальний Восток, шельф Северного Ледовитого океана, характеризуются большими запасами полезных ископаемых и перспективны в промышленном отношении. Машины и механизмы в этих условиях работают при низких температурах. Стали для этих условий должны обеспечивать необходимую прочность в сочетании с высокой вязкостью и пластичностью, обладать малой чувствительностью к концентраторам напряжений и низкой склонностью к хрупкому разрушению [1], [2]. Поэтому для данных машин применяют морозостойкие низкоуглеродистые стали, например X12MФ, 09Г2С и 12Х18Н10Т.

Процесс хонингования зачастую является последней технологической операцией. Однако хонингование «мягкой» нержавеющей стали 12Х18Н10Т, X12МФ и морозостойкой стали 09Г2С дает плохое качество поверхности: образуются наплывы вдоль следа обработки и появляются задиры.

Итоги опытов различными исследованиями [3], [4], [5], [6], [7] подтверждают, что характеристики микрорельефа хонингованных поверхностей зависят от твердости материала заготовки (рис. 1), что показывает необходимость повышения твердости поверхности перед обработкой. Однако на низкоуглеродистых сталях применение закалки приносит незначительные результаты.

Рис. 1. Зависимость среднего арифметического отклонения профиля R_a от твердости поверхности при хонинговании сталей

Известны способы повышения твердости поверхности, такие как азотирование (рис. 2, а) [8], цементация (рис. 2, б) [9], борирование (рис. 2, в) [10], лазерное легирование поверхностного слоя (рис. 2, г) [11].

Однако данные направления в ряде случаев неприменимы [12]. Так как термохимические способы повышения твердости поверхности

имеют общие недостатки: снижение коррозионной стойкости изделий, что особенно значимо для химической и пищевой промышленности, а также возникновение тепловых деформаций крупногабаритных изделий, возникающих при распределении внутренних напряжений вследствие нагрева до температур 700–950 °С.

а

б

в

г

Рис. 2. Способы повышения твердости поверхности

Передовым решением в доводочных операциях является предварительная криогенная обработка. Данный способ заключается в том, что детали и механизмы помещаются в криогенный процессор, где они медленно охлаждаются

и после выдерживаются при температуре минус 196 °С в течение определенного времени. Затем обрабатываемые изделия постепенно возвращаются к комнатной температуре. Во время этого процесса в металле происходят структур-

ные изменения. Они существенно повышают износостойкость, циклическую прочность, коррозионную и эрозионную стойкость.

Обработка холодом применяется дополнительно к обыкновенной закалке и заключается в том, что изделие после закалки на мартенсито-аустенит подвергается охлаждению до низких температур (ниже 0°C). При этом часть остаточного аустенита переходит в мартенсит вследствие установленной закономерности в развитии превращения аустенита по мере понижения температуры вплоть до нижней мартенситной точки $M_k -1$. В результате обработки холодом происходит превращение остаточного аустенита в мартенсит и, следовательно, изменяются все свойства стали, начиная от механических и кончая магнитными.

Согласно проведенным исследованиям [13], на стали X12МФ очевидно, что в дополнение к известному эффекту трансформации остаточного аустенита в мартенсит с соответствующим увеличением твердости криогенная обработка приводит к кристаллографическим изменениям микроструктуры материала, которые отчетливо проявляются при повторном нагреве (отпуске) в виде равномерного распределения мелкодисперсных карбидов. Влияние температуры криогенной обработки стали X12МФ и температуры аустенизации на количество карбидов представлено на рис. 3.

Рис. 3. Влияние температуры криогенной обработки стали X12МФ на количество карбидов

Существенное влияние на рост числа карбидов оказывает и время выдержки при криогенной температуре (рис. 4). Экстремум функции количества карбидов от времени выдержки при криогенной температуре приходится на длительную выдержку, равную 36 часам (рис. 4). Влияние температуры криогенной обработки на уровень износа стали X12МФ при различных температурах закалки представлено на рис. 5. Следует отметить, что криогенная обработка

однозначно повышает износостойкость стали X12МФ, закаленной при различных температурах. Причем наибольший прирост износостойкости установлен в результате экспериментов при температуре минус 196°C .

Рис. 4. Влияние времени выдержки при криогенной температуре -196°C на количество карбидов в стали X12МФ

Рис. 5. Влияние температуры криогенной обработки на уровень износа стали X12МФ

Прирост износостойкости стали X12МФ в результате криогенной обработки составляет от 11 до 14 % при различных температурах закалки. Более 30 % прироста износостойкости можно получить в результате криогенной обработки в случае оптимизации режимов термообработки (закалки).

Отмеченные особенности криогенной обработки подтвердили принадлежность криогенного воздействия к термическим видам обработки и их тесной (комплексной) связи при влиянии на конечный результат. Результаты проведенных исследований показывают наличие нового, ранее не изученного, эффекта роста числа карбидов в структуре материала при криогенных температурах.

Таким образом, можно сделать вывод, что направлением повышения эффективности процесса хонингования при обработке низкоугле-

родистых сталей является предварительная криогенная обработка. Однако последующая закалка при температуре 970 °С приводит к тепловым деформациям крупногабаритных изделий.

Поэтому мы предлагаем производить процесс хонингования крупногабаритных изделий (гидроцилиндры) из низкоуглеродистых морозостойких и нержавеющей сталей с предварительной криогенной обработкой без последующей закалки. Данный способ 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. 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 до 30 % на низкоуглеродистых сталях, что доказано пробными экспериментами.

Данный метод дает возможность повышения твердости на момент абразивной обработки в результате частичной трансформации аустенита в мартенсит, повышается ударная прочность и износостойкость сталей за счет роста числа карбидов, а также метод дает возможность избежать тепловые деформации изделий и сократить энергозатраты. Способ может значительно увеличить срок службы изделия и его конкурентоспособность в результате значительного повышения качества поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шульте, Ю. А. Хладностойкие стали / Ю. А. Шульте. – М. : Металлургия, 1970. – 224 с.
2. Солнцев, Ю. П. Конструкционные стали и сплавы для низких температур / Ю. П. Солнцев, Г. А. Степанов. – М. : Металлургия, 1985. – 271 с.
3. 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.
4. Воробьев, В. Г. Термическая обработка стали при температуре ниже нуля / В. Г. Воробьев. – М. : Оборонгиз, 1954. – 307 с.
5. Маталин, А. А. Шероховатость поверхности деталей в приборостроении / А. А. Маталин. – М. : Машгиз, 1949. – 197 с.
6. Мельникова, Е. П. Влияние технологических факторов финишной абразивной обработки на качество поверхности / Е. П. Мельникова // Технология машиностроения. – М. : Машиностроение, 2003. – № 3. – С. 13–16.
7. Справочник металлста. В 5 т. Т. 2 / под ред. М. П. Новикова, П. Н. Орлова. – М. : Машиностроение, 1977. – 720 с.
8. Лахтин, Ю. М. Азотирование стали / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган. – М. : Машиностроение, 1976. – С. 81–88.
9. Прженосил, Б. Нитроцементация / Б. Прженосил. – М. : Машиностроение, 1969. – 212 с.
10. Гуляев, А. П. Металловедение : учеб. для вузов / А. П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с.
11. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.
12. Курсин, О. А. Исследование путей повышения качества поверхностей изделий из низкоуглеродистых сталей при финишной абразивной обработке : монография / О. А. Курсин, А. Л. Плотноков, С. Ч. Као, С. Б. Фам, Н. И. Егоров, М. Ю. Поляничкова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – 104 с.
13. Термическая обработка при криогенных температурах [Электронный ресурс]: интернет-магазин. – Режим доступа: http://crvotek.ru/files/Statia_Kriogenna_obrabotka2.pdf (дата обращения: 19.02.21 г.)