

Исследование и применение ручной плазменной закалки

В.А. Коротков (Нижний Тагил, Россия)
245901@mail.ru

доктор технических наук, профессор
Уральского федерального университета

Рассмотрена эффективность применения плазменной закалки для упрочнения различных сталей и деталей.

Материалы и методы

Металлографические исследования, испытания на трение, производственные наблюдения

Ключевые слова

плазменная закалка, износостойкость

The study and application of manual plasma quenching

Authors

Vladimir A. Korotkov (Nizhny Tagil, Russia)

ph.D., professor of the Ural
Federal University

Abstract

The efficiency of plasma hardening of various steels and of machine parts.

Materials and methods

Metallographic studies on friction tests, production monitoring

Results

Installing UDГЗ-200, developed in 2002 provides an opportunity to significantly expand the range of hardened parts with an increase in their lifetime. Its use greatly increases the service life of parts of the hull, gear joints, crane wheels and rails, dies. Implementation of this unit UDГЗ-200 does not require capital expenditures to modernize production facilities.

Conclusions

Plasma hardening plant UDГЗ-200 is recommended for use in industry.

Keywords

plasma hardening, wear resistance

References

- Investigation of the effect of cooling rate on the quality of the surface layer during plasma quenching. / Korotkov VA, Ananiev, SP, Shekurov AV // Welding Production, 2012. - № 3. - P.23-27.
- Nanostructuring have a plasma arc. / Korotkov VA, Ananiev, SP, V. Shur, E.

Введение

Задача увеличения гарантийных сроков эксплуатации оборудования не может успешно решаться без снижения износа рабочих поверхностей. Большой противоизносный эффект дает закалка. Но у объемной закалки с нагревом в печах имеются недостатки. Небольшие детали в результате сквозного прокаливания приобретают хрупкость и склонность к поломкам, а массивные — не всегда воспринимают закалку. Выход был найден в поверхностной закалке, когда разогревается и закаливается только поверхностный слой небольшой толщины ~до 5мм. Основная масса детали остается незакаленной и препятствует поломкам. Сама же закалка становится возможной и на массивных деталях, т.к. скорость охлаждения тонкого нагретого слоя всегда достаточно велика. В первом десятилетии 20-го века была разработана поверхностная закалка газокислородным пламенем, в 30-х — закалка токами высокой частоты (ТВЧ), в 80-х — закалка лазерным лучом и плазменной (электрической) дугой. Несмотря на это поверхностной закалкой упрочняются не все детали, нуждающиеся в ней. Одна из причин состоит в невозможности выполнения её вручную. В век роботов и «безлюдных» производств разработка ручной технологии может показаться ошибочной. Но это не так. Ручные технологии, благодаря универсальности, демонстрируют живучесть. В мире основной объём сварки (около 80%) выполняется электродами и полуавтоматами, т.е. вручную. В связи с этим в ООО «Композит» в 2002г. была разработана установка УДГЗ-200 для ручной поверхностной закалки плазменной дугой.

Установка УДГЗ-200 состоит из источника питания, закалочной горелки и блока её водяного охлаждения (рис.1). Закалочная горелка находится в руках у сварщика, который закаливает нужные участки поверхности полками шириной 7-14мм с некоторым (20...40%) перекрытием. Закаленный слой получается толщиной до 2мм с твердостью, зависящей

от содержания углерода в стали: для 20ГЛ — HRC35, для 65Г — HRC60 и т.д. По линии стыковки закаленных полос имеет место снижение твердости на 20...40%, вследствие отпусковых процессов.

Необходимая для закалки скорость охлаждения обеспечивается за счет теплопроводности в холодное тело детали без подачи на неё воды [1]. Это упрощает организацию работ (не надо обеспечивать подачу и сбор воды), что позволяет вести закалку не только в специализированных термических участках, но и на ремонтных площадках.

Плазменная закалка не дает деформаций, не ухудшает шероховатость поверхности в диапазоне Rz 4...40. Цвета побежалости на закаленной поверхности при необходимости можно удалять лепестковым кругом, но часто закаленные детали пригодны эксплуатации без финишной шлифовки.

С разработкой установки УДГЗ-200 сложный процесс закалки претерпел упрощение. Сварщик закалочной горелкой, как маляр кистью, добирается до самых труднодоступных мест и закаливает, что ранее было не возможно. При этом допускается оснащение установкой УДГЗ-200 автоматов или роботов.

Поверхностная закалка корпусов оборудования

Корпуса и станины машин и оборудования обычно изготавливаются из низкоуглеродистых сталей типа 20ГЛ, 30Л, плохо воспринимающих закалку и поэтому термическому упрочнению не подвергающиеся. Поскольку установка УДГЗ-200 позволяет упрочнять локальные места на массивных изделиях, то были проведены исследования на стали 20ГЛ. Установлено, что твердость в результате плазменной закалки увеличивается до HV470. При этом поверхностный слой претерпевает наноструктурирование, в результате чего износ замедляется в 20 раз [2]. В настоящее время на Уралвагонзаводе приступили к внедрению плазменной закалки деталей вагонной тележки (рис.2).



Рис. 1 — Установка для поверхностной закалки УДГЗ-200



Рис. 2 — Закалка бурта наддрессорной балки вагонной тележки установкой УДГЗ-200 с помощью робота



Рис. 3 — Крановые колеса и тормозной шкив с плазменной закалкой



Рис. 4 — Плазменная закалка «погонов»

Плазменная закалка крановых рельс и колес

Испытания на машине трения показали, что плазменная закалка снижает износ рельсовой стали в ~120 раз [3]. Наблюдениями, проводимыми в 2007–2011 гг, установлено, что расход закаленных рельсов для цеховых передаточных тележек в ОАО «ЧТПЗ» снизился более чем в десять раз. Такой же темп снижения износа был выявлен на закаленных направляющих из рельсов Р18 на поточной линии по производству колесных осей в «НПК «Уралвагонзавод». Аналогичный результат показывают крановые колеса и тормозные шкивы (рис. 3), закаленные установкой УДГЗ-200.

Плазменная закалка нержавеющей стали 20Х13

Исследование влияния плазменной закалки на сталь 20Х13 производилось в связи с выполнением упрочнения (рис. 4) «погонов» (обоймы крупногабаритного упорного подшипника). На рис. 5.1 видно, что толщина упрочненного слоя составляет ~2 мм. Верхняя часть толщиной до 1,4 мм имеет наибольшую твердость ~HRC60, а нижняя толщиной ~0,7 мм — HRC51-57. Самый верх закаленного слоя на глубине до 0,55 мм имеет дендритное строение, свидетельствующее об оплавлении. Было отмечено, что если на углеродистых сталях плазменная закалка обычно происходит без изменения шероховатости, то в данном случае такого добиться не удалось. Следы оплавления необходимо было удалять шлифовкой на глубину ~0,2 мм. Тем не менее, оставшегося закаленного слоя оказалось достаточно, чтобы выдержать стендовые испытания с рабочей нагрузкой.

Закалка зубчатых соединений и канатных шкивов

Типичная конфигурация слоя плазменной закалки на зубе представлена на рис.5.2 — Закаленный слой распространяется на глубину до ~2мм. Плазменная закалка зубьев производится только по боковой поверхности зуба. Впадины между зубьями не закаляются, т.к. туда нет доступа закалочной горелки. При закалке ТВЧ это является большим недостатком, вызывающим поломки зубьев при эксплуатации. Но плазменная закалка только боковой поверхности к полкам не приводит. Это связано с тем, что плазменная закалка происходит последовательно отдельными фрагментами, а закалка ТВЧ — одновременно по всему профилю, с наведением высоких остаточных напряжений.

На рис. 6 можно видеть закалку крупно

модульного зубчатого колеса (сталь 35ГЛ) для сталеразливочного крана грузоподъемностью 220т., которая увеличила твердость с HRC20 до HRC50, а срок службы в ~3 раза.

Превосходства плазменной закалки в части универсальности перед другими видами можно видеть на рис. 7, где представлены муфта гидродатрона бурового станка, упрочненная плазменной закалкой по внутренней упорной поверхности и по поверхности зубьев. Плазменная закалка так же применяется для упрочнения ручьев на канатных шкивах и барабанах.

Плазменная закалка штампов

Упрочнение плазменной закалкой рабочих поверхностей на вырубных штампах Уралвагонзавода и формовочных штампах Челябинского трубопрокатного завода увеличило их наработку в ~3 раза. Многие штампы имеют длительный цикл изготовления с разрезанием на небольшие части для объемной закалки в печах, и последующей трудоемкой подгонкой закаленных фрагментов в единое целое. На ВАЗе был проведен эксперимент, когда объемную закалку заменили плазменной, что позволило избежать подгонки закаленных частей (~30% от общей трудоемкости изготовления штампа), т.к. они срезу были выполнены по чертежным размерам. На штампе изготовлено более 70 тыс. изделий и он находится в работоспособном состоянии. При этом трудоемкость ремонтных «зачисток» уменьшилась на порядок (~10 раз) [4, 5].

Итоги

Установка УДГЗ-200, разработанная в 2002г. дает возможность существенно расширить номенклатуру закаливаемых деталей с увеличением их срока службы. Ее использование многократно повышает сроки службы корпусных частей, зубчатых соединений, крановых колес и рельсов, штампов. Внедрение установки УДГЗ-200 не требует капитальных затрат на модернизацию производственных цехов. Более того, когда к этому принуждали обстоятельства, плазменная закалка выполнялась на ремонтных площадках и даже под открытым небом. Установка УДГЗ-200 восполняет отсутствие традиционного дорогостоящего оборудования для термической обработки.

Выводы

Плазменная закалка установкой УДГЗ-200 рекомендуется к применению в промышленности.

Shishkin // *Mechanical Engineering Technology*, 2011. - № 4. - P.5-7.

- Investigation of wear resistance of the material of crane rails and wheels. // Ananiev, SP, Korotkov VA, Kozlov VV // *Journal of Mechanical Engineering*, 2011. - № 8. - S. 35 ... 37.
- Andronov, VA, VA Korotkov *The work of «Bureau tribotekhniki» on Uralvagonzavod.* // *Journal of Mechanical Engineering*, 2009. - № 8. - P.49-52.
- Korotkov VA *The wear resistance of materials to the plasma quenching.* // *Friction and Wear*, 2011. - T.32. - № 1. - P.23-29.

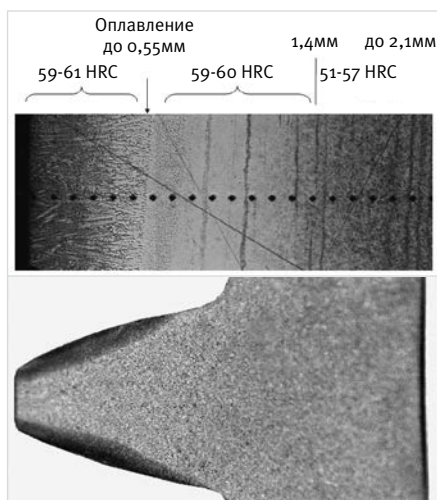


Рис. 5.1, 5.2 — Структура слоя плазменной закалки 20Х13 и зуб с плазменной закалкой

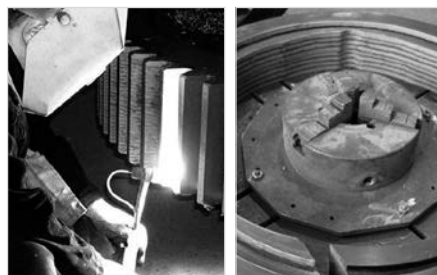


Рис. 6 — Плазменная закалка зубчатого колеса

Рис. 7 — Муфта гидродатрона с плазменной закалкой

Список использованной литературы

- Исследование влияния скорости охлаждения на качество поверхностного слоя при плазменной закалке. // Коротков В.А., Ананьев С.П., Шекуров А.В. // Сварочное производство, 2012. - №3. - С.23-27.

- Наноструктурирование стали плазменной дугой. /Коротков В.А., Ананьев С.П., Шур В.Я., Шишкин Е.И.// *Технология машиностроения*, 2011. - №4. - С.5-7.
- Исследование износостойкости материала крановых рельс и колес. /Ананьев С.П., Коротков В.А., Козлов В.В.// *Вестник машиностроения*, 2011. -

№8. - С. 35...37.

- Андронов В.А., Коротков В.А. О работе «Бюро триботехники» на Уралвагонзаводе. // *Вестник машиностроения*, 2009г. - № 8. - С.49-52.
- Коротков В.А. Износостойкость материалов с плазменной закалкой. // *Трение и износ*, 2011. - Т.32. - №1. - С.23-29.

6-ая Уральская научно-практическая конференция Сварка. Реновация. Триботехника.

Организаторы: НТИ (Ф) УрФУ, ОАО «НПК «Уралвагонзавод», ООО «Композит».

Пройдет 01.02.2013 в Нижнетагильском технологическом институте (филиале) УрФУ им.первого Президента России Б.Н.Ельцина. Участвуют докладчики и слушатели. Тезисы докладов (до 3-х стр.) принимаются до 25.12.12 по эл.почте 245901@mail.ru. Сборник докладов выйдет к началу конференции. Предоставляется возможность посетить производственные участки плазменной закалки, наплавки, карбонитрации, а так же танковый и музей горно-заводского дела. Выдаются сертификаты о повышении квалификации государственного образца. Оргвзнос - 500руб. Подробнее на сайте www.oookompozit.ru. Тел. +7 950-656-2575. Ответственный за программную часть конференции — профессор Коротков Владимир Александрович

