

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110 - летию М.А. Гендельмана». - 2023. - Т.І, Ч.І.- С. 241-244.

УДК 621

ПЛАЗМЕННАЯ ЗАКАЛКА КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

*Нагайко И.А., магистрант 1 курса
Гуляренко А.А., PhD, ассоциированный профессор
Казахский агротехнический исследовательский университет им.
С.Сейфуллина, г.Астана*

Развитие сельского хозяйства в значительной степени зависит от уровня механизации и от развития машиностроения. Несмотря на значительное улучшение работоспособности тракторов, повышение их мощности, многократное увеличение скоростей работы, рабочие органы почворезущих машин значительно отстают в совершенствовании. Кроме того, по многим параметрам остались на том же уровне, что и 50 лет назад, например материалы, которые в большинстве случаев до сих пор используются для изготовления почворезущих рабочих органов. При этом разработаны современные сплавы и различные наплавки [1], но их применение с учетом их стоимость слишком дорого для сельскохозяйственных предприятий. Современные реалии позволяют увеличить прочностные характеристики почвообрабатывающих рабочих органов, однако вопрос о целесообразности того или иного метода упрочнения остается открытым, так как любые утверждения должны быть обоснованы.

Износостойкость – это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определённых условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания. Износостойкость зависит от состава и структуры обрабатываемого материала, исходной твёрдости и шероховатости детали [2]. Так как износостойкость прямо пропорциональна значению твердости поверхности, актуальным является поиск рационального метода повышения основных параметров износостойкости. Среди способов увеличения прочностных характеристик материала особое место занимает плазменная закалка как простая и технологичная операция, основанная на методе поверхностной обработки с применением высококонцентрированных источников энергии.

Цель плазменной закалки – изготовление деталей и инструмента с

упрочненным поверхностным слоем толщиной до нескольких миллиметров при неизменном общем химическом составе материала и сохранении во внутренних слоях первоначальных свойств исходного металла.

Воздействие концентрированных потоков энергии за счет сверхбыстрого нагрева поверхности стали или чугуна выше определенных критических температур и последующего их охлаждения со скоростью, превышающей критическую скорость охлаждения, достигаемую за счет отвода теплоты внутрь обрабатываемого металла вследствие теплопроводности, приводит к образованию мартенсита, который обладает повышенными твердостью, прочностью и износостойкостью, что способствует повышению ресурса деталей машин. При этом плазменной закалкой возможно упрочнение поверхностных слоев в достаточно широком диапазоне от 0,1 мм до 3 мм изготавливаемых из низколегированных сталей с содержанием углерода 0,4% и выше, а также и перлитных чугунов [2].

Плазменная закалка является относительно недорогим, простым и эффективным методом упрочнения режущей поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин за счет своей низкой себестоимости, которая обусловлена отсутствием расходного материала, кроме того, КПД нагрева плазменной дугой достигает порядка 85% [4].

В рамках нашего исследования влияния плазменного упрочнения на характеристики износостойкости стали была закалена поверхность плоского образца из стали 65Г (ГОСТ 14959-2016 [5]) при использовании мобильной специализированной установки УДГЗ-200, предназначенной для термообработки сталей и чугунов. УДГЗ-200 представляет собой компактную установку, позволяющую выполнять процесс закалки вручную, при этом, в процессе закалки отсутствует подача охлаждающей жидкости на обрабатываемую деталь, так как требуемая скорость охлаждения достигается путем отведения тепла в тело детали, что существенно упрощает технологию закалки. Параметры закалки: электрод с коническим концом, диаметр керамического сопла - 9 мм, расход аргона - 8 л/мин., длина дуги – 15-20 мм. Важным критерием корректного соблюдения технологии плазменной закалки является окрашивание поверхности детали в «цвета побежалости» с преобладанием черно-серых и темно-синих тонов. Это достигается линейной скоростью перемещения плазмотрона 35-45 мм/с, что обеспечивает глубину упрочненного слоя 0,8-1,5 мм [6,7].

Перед плазменной закалкой было проведено исследование микротвердости исходного образца. Для достижения наиболее достоверного результата было проведено 16 измерений. Среднее значение микротвердости исходного материала приведено в таблице 1.



Рисунок 1. Поверхность образца без обработки

Таблица 1 – Значения микротвердости исходного образца

Исследуемая область	Микротвердость, кгс/мм ²				Среднее значение микротвердости, кгс/мм ²
Зона основного материала	174	19 2	181	188	186
	169	18 7	193	175	181
	166	15 2	191	193	175
	207	18 8	200	143	185
Среднее значение микротвердости, кгс/мм ²					182

Стоит отметить, что при проведении плазменной закалки скорость охлаждения режущей кромки в процессе плазменной модификации достаточно высокая, что обеспечивает получение в упроченной зоне высокодисперсной мартенситной структуры (Рисунок 2) [6-8]

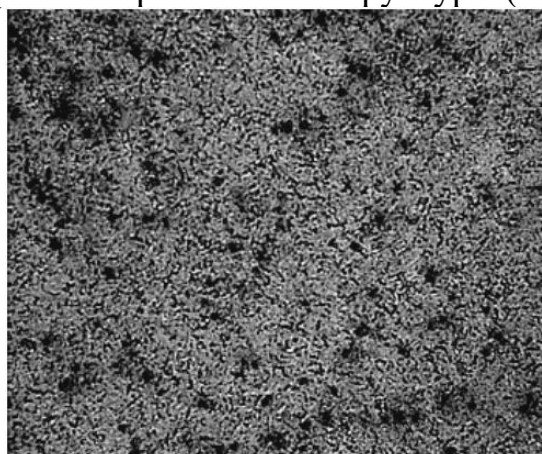


Рисунок 2. Поверхность образца после закалки

На рисунке 2 представлен образец после обработки. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Приведены значения микротвердости закаленного образца

Исследуемая область	Микротвердость, кгс/мм ²				Среднее значение микротвердости, кгс/мм ²
Зона основного материала (закаленный слой)	522	574	629	544	567
	591	612	553	577	583
	637	567	616	589	602
	605	596	601	634	609
Среднее значение микротвердости основного материала, кгс/мм ²					590

Исходя из результатов проведенных замеров поверхности образца до (таб.1) и после (таб.2) плазменной закалки можно отметить значительное увеличение микротвердости в 3.2 раза, что составляет порядка 324% прироста по отношению к исходным значениям.

Практическое исследование плазменной закалки позволяет выделить следующие положительные аспекты:

- При закаливании детали поверхность остается гладкой и не требует последующей механической обработки (шлифовки), что позволяет использовать плазменную закалку как финишную операцию;
- После плазменной закалки на поверхностном слое образуется большое количество остаточного аустенита, что снижает вероятность возникновения дефекта, путем повышения сопротивляемости зарождению и распространению трещин.

Кроме того, отсутствие дополнительного расходуемого материала, невысокое энергопотребление и компактные размеры установки УДГЗ-200, делают установку мобильной и она может применяться для плазменной закалки различных участков сложно-транспортируемых, крупногабаритных деталей, а так же открывает возможности для работы в «полевых условиях» [9]. Стоит отметить, что возможна многократная послойная модификация структуры обрабатываемых участков, а процесс плазменного упрочнения экологически чистый и легко встраивается в технологический процесс подготовки деталей к работе в экстремальных условиях [10-12]. Подводя итоги, можно сказать, что плазменная закалка, учитывая свою универсальность, низкую себестоимость и значительное повышение износостойкости, достаточно перспективна для применения в качестве

основного метода повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Список использованной литературы

1. Bembenek M. et al. Microstructure and Wear Characterization of the Fe-Mo-BC—Based Hardfacing Alloys Deposited by Flux-Cored Arc Welding //Materials. – 2022. – Т. 15. – №. 14. – С. 5074. <https://doi.org/10.3390/ma15145074>
2. ГОСТ 27674-88 Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения.
3. Бердников А.А., Филиппов М.А., Бердников А.А., Алисова Г.В., Безносков Д.В. Регулирование глубины упрочнённого слоя, фазового состава и структуры стали у10 при плазменной закалке // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-3. ;
4. Технологии повышения износостойкости в машиностроении: учебное пособие / М.А. Филиппов, А.В. Макаров, О.Ю. Шешуков, В.П. Швейкин; М-во науки и высш. образования РФ.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. — 246 с.
5. ГОСТ 14959-2016Metalлопродукция из рессорно-пружинной нелегированной и легированной стали. Технические условия
6. Gulyarenko, A.; Bembenek, M. The Method of Calculating Ploughshares Durability in Agricultural Machines Verified on Plasma-Hardened Parts. Agriculture 2022, Volume 12, Issue 6 (June 2022) 841. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060841>
7. Плазменная закалка лемеха плуга из конструкционной стали 65Г [Текст] / А.Т. Канаев, А.А. Гуляренко, П.А. Тополянский, Т.Е. Сарсембаева // Горение и плазмохимия. Том 18 № 3, МОН РК КН РГП на ПХВ "Институт проблем горения"; – Алматы, 2020. – С. 71 – 77.
8. Плазменная закалка сменных деталей рабочих органов почворезущих машин [Текст] / Канаев А.Т., Тополянский П.А., Гуляренко А.А., Жусин Б.Т., // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина № 1(96) технические науки/ КАТУ им. С. Сейфуллина ; – Астана, 2018. С. 150 – 155. –192 с.
9. Актуальность и результаты исследования по плазменному упрочнению рабочих органов сельскохозяйственных машин [Текст] / Гуляренко А.А., Редреев Г.В. // Сборник VII Международной научно-практической конференции «Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития», Омск: Издательство ФГБОУ ВО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 182 – 192.
10. Сафонов Е. Н. Плазменная закалка деталей машин. – Directmedia, 2014.
11. Сафонов Е. Н., Дружинин И. С., Орлова Н. В. Закалка поверхностного слоя деталей машин плазменной дугой прямого действия //Упрочняющие технологии и покрытия. – 2010. – №. 9. – С. 23-29.
12. Medvedev S. I. et al. Optimization of plasma hardening conditions of the side surface of rails in PUR-1 experimental equipment //Welding International. – 2015. – Т. 29. – №. 8. – С. 643-649. <https://doi.org/10.1080/09507116.2014.960700>