

УЛУЧШЕНИЕ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ ЛЕМЕШНОЙ СТАЛИ Л53 ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕМ

IMPROVEMENT OF SERVICE PROPERTIES OF L53 STEEL WITH THERMAL STRENGTHENING

А.М. МИХАЛЬЧЕНКОВ, д.т.н.

С.И. БУДКО, к.т.н.

А.А. ЮРЕВА, к.т.н.

Брянский государственный аграрный университет,
Брянск, Россия, mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

A.M. MIHAL'CHENKOV, DSc in Engineering

S.I. BUDKO, PhD in Engineering

A.A. YUREVA, PhD in Engineering

Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia Federation
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

Производство отечественных цельнометаллических лемехов, изготовленных из стали Л53, в сложившейся к настоящему времени ситуации в сельском хозяйстве требует новых решений, направленных на повышение ресурса без существенных технологических и экономических издержек. Потенциальные возможности в этом плане кроются в проведении термоупрочнения такой стали. Однако известные работы по данному вопросу не дают окончательного ответа о возможностях Л53 и оптимальном режиме термообработки с точки зрения обеспечения абразивной износостойкости. Поэтому целью представляемых исследований явилось улучшение служебных свойств стали Л53 термоупрочнением, выражающееся в увеличении твердости и износостойкости. При проведении экспериментов опытные образцы (сталь Л53) подвергались нагреву с температур 720...870 °С с шагом 20 °С и охлаждением в воде с последующим определением твердости и стойкости к абразивному изнашиванию. Испытания на изнашивание реализовывались на установке собственной конструкции, позволяющей в широком диапазоне менять условия эксперимента. Полученные результаты указывают, что проведение термоупрочнения с температур 840...860 °С позволяет увеличить абразивную износостойкость стали Л53 в 2,5...3 раза, что связано с фазовыми превращениями и образованием закалочных структур. Экспериментами определены рациональные параметры режима термоупрочнения, позволяющие исключить проведение такой дополнительной операции как отпуск. Таким образом, применение термоупрочнения для обеспечения повышенной твердости и стойкости к воздействию абразивной среды (особенно применительно к плужным лемехам) является необходимой технологической операцией при производстве деталей почвообрабатывающих орудий из стали Л53.

Ключевые слова: термообработка, термоупрочнение, закалка, абразивная износостойкость, твердость, сталь Л53, лемех, ресурс.

The production of domestic all-metal plowshares made of steel L53, in the current situation in the agriculture, requires new solutions aimed at increasing the resource without significant technological and economic costs. Potential opportunities in this respect lie in conducting the thermal strengthening of such steel. However, the well-known works on this issue do not give a definitive answer about the possibilities of L53 and the optimum mode of heat treatment in terms of ensuring abrasive wear resistance. Therefore, the aim of the presented investigations was to improve the service properties of steel L53 by thermal strengthening, expressed in increasing hardness and wear resistance. During the experiments, the experimental samples (steel L53) were subjected to heating from 720...870 °C within 20 °C and cooling in the water with the subsequent determination of hardness and abrasion resistance. The wear tests were implemented on the plant of its own design, which allows changing the experimental conditions within a wide range. The obtained results indicate that conducting thermal strengthening from temperatures 840...860 °C allows increasing the abrasive wear resistance of L53 steel by 2,5...3 times, which is connected with phase transformations and the formation of hardening structures. It has determined by the experiments that the rational parameters of the thermal strengthening regime, which make it possible to exclude such an additional operation as the abatement. Accordingly, the application of thermal strengthening to provide increased hardness and resistance to abrasive environment (especially with regard to plowshares) is a necessary technological operation in the production of parts of tillage tools made of steel L53.

Keywords: thermal treatment, thermal strengthening, hardening, abrasive wear resistance, hardness, steel L53, plowshare, service life.

Введение

Начало использования стали Л53 для изготовления лемехов относится к первой половине XX века и продолжается до настоящего времени. Принятое в производстве упрочнение путем наплавки слоя «сормайта» на тыльную сторону лезвийной области детали в определенной степени позволяет повысить ресурс, но не решает проблемы существенно. Создавшаяся ситуация привела к тому, что ресурс отечественных лемехов значительно уступает ресурсу лемехов импортного производства (примерно в 10 раз) [1]. Особенно данное обстоятельство проявляется при пахоте на почвах с высоким содержанием кварцевой составляющей и выражается в опережающем износе носка (долотообразной области) лемеха [2, 3]. Между тем, потенциальные возможности по повышению служебных свойств (твердости и износостойкости) стали Л53 далеко не исчерпаны.

Прежде всего они кроются в проведении термоупрочнения (ТУ). Нужно отметить, что поступающие на отечественный рынок лемехи зарубежных компаний в обязательном порядке проходят упрочнение термической обработкой (ТО). Причем они закаливаются по всему объему в силу специфики эксплуатации, связанной с высоким темпом изнашивания [4, 5], когда истирание поверхностного твердого слоя происходит за сравнительно небольшой промежуток времени.

Сталь Л53 относится к группе среднеуглеродистых сталей с количеством углерода около 0,53 %, что позволяет проводить закалку с существенным повышением твердости, а следовательно, и стойкости к абразивному изнашиванию [6]. Однако в плане термоупрочняющей обработки лемешной стали в специальной литературе сведения крайне малочисленны, а порой противоречивы [7].

Цель исследования

Целью исследования является проведение серии экспериментов по определению возможностей стали Л53 в аспекте обеспечения абразивной износостойкости после термоупрочнения с различных температур.

Методика проведения эксперимента

Техника экспериментальных исследований состояла из следующих этапов: 1 – подготовка образцов; 2 – термообработка; 3 – контроль

твердости после ТО; 4 – проведение испытаний на изнашивание.

Образцы вырезались из цельнометаллических лемехов российского производства при минимальном температурном влиянии во избежании изменения свойств материала. Площадь образцов, равная 36 см², позволяет в полной мере реализовываться процессам, присутствующим абразивному изнашиванию.

Термообработка проводилась с температурой 720...870 °С с интервалом в 20 °С и охлаждением в воде.

В качестве оценки механических свойств принималась твердость, которая измерялась методом Роквелла по шкале С (HRC). После удаления следов термообработки твердость контролировалась нанесением 5 отпечатков по всей площади поверхности трения с последующим вычислением среднего значения. Контроль HRC осуществлялся до испытаний и после их реализации.

Испытание на изнашивание проводилось в ускоренном режиме с использованием установки собственной конструкции, которая позволяет в широком диапазоне менять условия эксперимента, в том числе и угол наклона образца к горизонту. Это, в определенной мере, имитирует изнашивание реальных деталей. В качестве абразивной среды использовался щебень с размерами фракций 5...20 мм. Время испытаний 120 мин.

Результаты исследования и их обсуждение

Увеличение температуры ТО приводит к значительному росту твердости, что соответствует положениям металловедения и связано с фазовыми превращениями (рис. 1) [8] и изменением структуры.

В соответствии с полученными данными минимальная твердость (15...20 HRC) характерна для термообработки с температурой 720...760 °С и примерно равна твердости металла лемеха в состоянии поставки. Такие температуры (t°) не оказывают заметного влияния на изменение структурных составляющих стали из-за отсутствия фазовых превращений. Последующее увеличение t° приводит к достаточно резкому повышению HRC, и при ТО с температурой 860 °С значение твердости максимально и достигает 55...58 HRC (рис. 1). Таким образом, путем ТУ можно повысить величину твердости стали Л53 более чем в 3 раза по сравнению с ее значением у лемехов заводского исполнения.

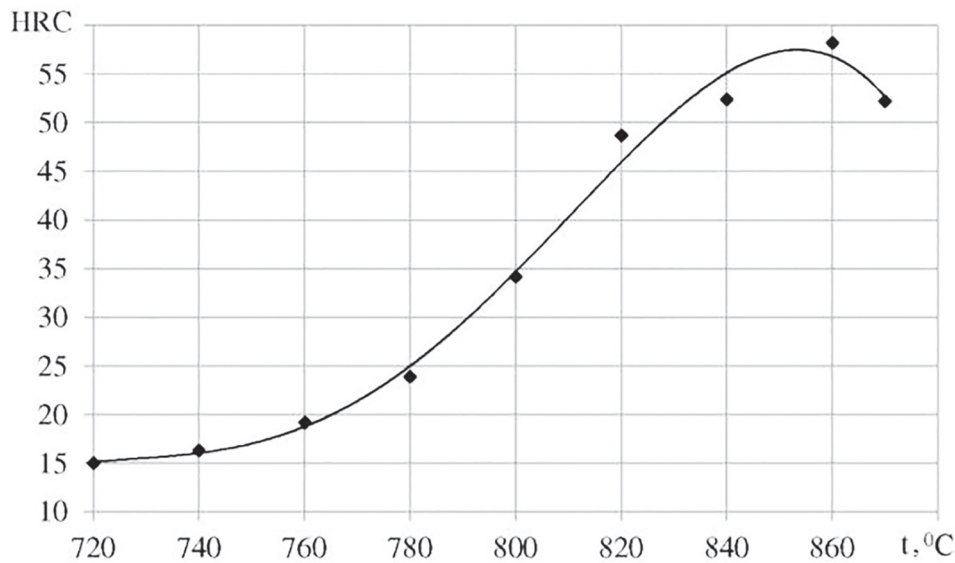


Рис. 1. Изменение твердости HRC стали Л53 при охлаждении в воде с различными температурами

Аналогичный характер имеет и зависимость между износостойкостью (c) и температурой ТО (рис. 2). То есть стойкость к абразивному изнашиванию за счет термоупрочнения также можно повысить примерно в 2,5...3 раза. Наблюдаемые рассеивание опытных данных по износостойкости обусловлено сложностью процессов абразивного изнашивания.

В практическом плане увеличение износостойкости лемехов, особенно долотообразной части, позволит значительно увеличить ресурс лемехов за счет снижения темпа изнашивания заглубляющей области и образования лучевого износа.

Для данной стали и применяемой термообработки не происходит полного мартенситного превращения, хотя твердость при ТУ с темпе-

ратурой 860 °C достаточно близка к твердости этой структуры. Кроме того, при внимательном рассмотрении графиков (рис. 1 и 2) отмечается падение HRC и износостойкости при ТО с температурой 860 °C, связанное с охрупчиванием структуры, что делает нецелесообразным проведение такого термоупрочнения. Поэтому есть основание для исключения такой дополнительной операции, как отпуск. Более того, исходя из исследований [9], где показано, что оптимальная твердость лемехов составляет около 50...53 HRC, следует проводить закалку с температурой 820...830 °C и охлаждением в воде, что позволяет избежать высокого уровня остаточных напряжений и значительно снизить склонность стали к образованию трещин и разрушению без применения отпуска.

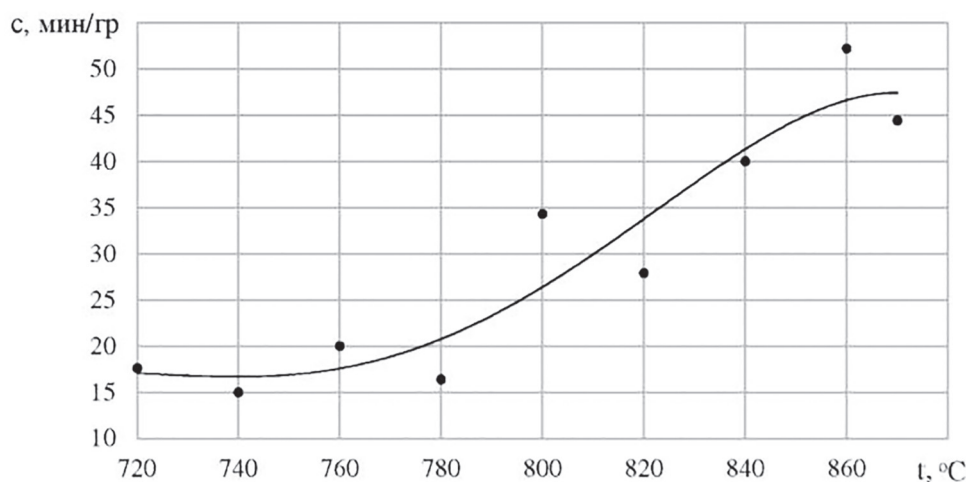


Рис. 2. Влияние температуры термообработки (охлаждение в воде) на износостойкость стали Л53

Подтверждением вышеизложенному служат полномасштабные многолетние полевые испытания штамповарных лемехов с термоупрочненными долотами, проведенные сотрудниками Брянского ГАУ, которые показали высокую технологическую и экономическую эффективность таких деталей. При этом наблюдениями установлено 100%-е отсутствие трещин, тем более разрушений.

Выводы

1. Применение термоупрочнения для стали Л53 позволит увеличить стойкость к абразивному изнашиванию в 2,5...3 раза.

2. При проведении упрочняющей термообработки рекомендуется нагрев с температурой 820...830 °С, что позволяет исключить операцию отпуска.

3. Использование термообработки для улучшения служебных свойств стали Л53 является обоснованной, а по отношению к повышению износостойкости лемехов, необходимой операцией при их изготовлении.

Литература

- Новиков А.А., Юрева А.А., Михальченкова М.А., Гринь А.М. Термоупрочнение изготовленных из вторичного сырья долот штамповарных лемехов // Сельский механизатор. 2016. № 10. С. 28–29.
- Козарез И.В. Метод восстановления лемехов с повышением ресурса // Сельский механизатор. 2008. № 9. С. 42–43.
- Литовченко Н.Н., Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Виноградов В.В. Упрочнение рабочих органов машин, работающих в абразиве // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 2. С. 86–88.
- Михальченков А.М., Соловьев С.А., Новиков А.А. Об одной причине низкого ресурса деталей рабочих органов отечественных почвообрабатывающих орудий // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 127–132.
- Колпаков А.В. Технология упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин // Вестник НГИЭИ. Княгинино: Нижегородский ГИЭИ, 2010. Т. 2. № 1. С. 40–46.
- Морозов А.В., Токмаков Е.А. Характер изнашивания лемехов плугов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VIII международной научно-практической конференции. Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2017. С. 200–203.

- Михальченков А.М., Новиков А.А., Орехова Г.В. Упрочнение деталей отечественных почвообрабатывающих орудий термообработкой на стадии изготовления // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. Брянск: Брянский ГАУ, 2017. № 1 (16). С. 115–122.
- Винник П.Г., Морозова О.Н., Копыл А.Н. Материаловедение: учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2007. 220 с.
- Козарез И.В., Ториков В.Е., Михальченкова М.А. Анализ и особенности износов плужных лемехов различных конструкций и динамика их изнашивания // Труды инженерно-технологического факультета: сборник научных трудов. Под ред. Михальченкова А.М. Брянск: Брянский ГАУ, 2015. С. 128–158.

References

- Novikov A.A., Tyureva A.A., Mihal'chenkova M.A., Grin' A.M. Thermal strengthening of plowshare chisels made from recycled materials. Sel'skij mekhanizator. 2016. No 10, pp. 28–29 (in Russ.).
- Kozarez I.V. Method of restoration of the plowshares with increasing service life. Sel'skij mekhanizator. 2008. No 9, pp. 42–43 (in Russ.).
- Litovchenko N.N., Titov N.V., Kolomejchenko A.V., Logachev V.N., Vinogradov V.V. Strengthening of the machines working bodies working in abrasive. Trudy GOSNITI. 2013. Vol. 111. No 2, pp. 86–88 (in Russ.).
- Mihal'chenkov A.M., Solov'ev S.A., Novikov A.A. One reason for the low resource of the details of the working bodies of domestic tillage facilities. Trudy GOSNITI. 2014. Vol. 117, pp. 127–132 (in Russ.).
- Kolpakov A.V. Technology of strengthening of working bodies of tillage machines. Vestnik NGIEHI. Knyaginino: Nizhegorodskij GIEHI Publ., 2010. Vol. 2. No 1, pp. 40–46 (in Russ.).
- Morozov A.V., Tokmakov E.A. The nature of wear plowshares. Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya: materialy VIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and the ways of their solutions: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Ul'yankovsk: Ul'yankovskij GAU Publ., 2017, pp. 200–203 (in Russ.).
- Mihal'chenkov A.M., Novikov A.A., Orekhova G.V. Strengthening of details of domestic tillage facilities by thermal treatment at the stage of manu-

- facturing. Konstruirovanie, ispol'zovanie i nadezhnost' mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Design, application and reliability of the tillage machines]. Bryansk: Bryanskij GAU Publ., 2017. No 1(16), pp. 115–122 (in Russ.).
8. Vinnik P.G., Morozova O.N., Kopyl A.N. Materialovedenie: uchebno-metodicheskoe posobie [Material Science: teaching guide]. Rostov n/D: IPO PI YUFU Publ., 2007. 220 p.
9. Kozarez I.V., Torikov V.E., Mihal'chenkova M.A. Analysis and features of wear of plowshares of various designs and the dynamics of their wear. Trudy inzhenerno-tekhnologicheskogo fakul'teta: sbornik nauchnyh trudov [Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology: a collection of scientific papers]. Pod red. Mihal'chenkova A.M. Bryansk: Bryanskij GAU Publ., 2015, pp. 128–158 (in Russ.).