

УДК 621.98.044.7

А. И. Горчанин, А. М. Милюкова

Государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», ул. Купревича, 10, 220004, г. Минск, Республика Беларусь, +375 (17) 369 85 52, annart@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ НОЖЕЙ, УПРОЧНЕННЫХ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ, ДЛЯ РЕЗКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

С целью повышения износостойкости сложнопрофильных ножей для резки сахарной свеклы применен новый метод магнитно-импульсной обработки. Проведены их успешные испытания в условиях производства на ОАО «Скидельский сахарный комбинат». Металлографические и дюрOMETрические исследования образцов ножей после комбинированной магнитно-импульсной обработки и испытаний показали, что этот метод позволил за счет улучшения микроструктуры поверхностного слоя повысить период стойкости в 1,8 раза.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка; образцы ножей; микроструктура; микротвердость; режимы упрочнения.

Рис. 7. Библиогр.: 6 назв.

A. I. Horchanin, A. M. Miliukova

Physical-and-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, 10 Kuprevicha Str., 220004 Minsk, the Republic of Belarus, +375 (17) 369 85 52, annart@mail.ru

STUDY OF KNIVES FOR CUTTING SUGAR BEET, HARDENED BY MAGNETIC-PULSE TREATMENT

In order to increase the wear resistance of complex profile knives for cutting sugar beet, a new method of magnetic-pulse treatment is applied. Their successful tests were carried out in production conditions at the Open joint stock company "Skidelsky sugar factory". Metallographic and durometric studies of knife specimens after combined magnetic-pulse processing and tests showed that this method allowed to increase 1.8 times the period of durability of the surface layer by improving its microstructure.

Keywords: magnetic-pulse processing; samples of knives; microstructure; microhardness; modes of hardening. Fig. 7. Ref.: 6 titles.

Введение. В последние годы представители различных отраслей хозяйствования, как отечественных, так и зарубежных, проявляют большой интерес к новому методу магнитно-импульсной упрочняющей обработки металлических изделий, который успешно развивается в Физико-техническом институте Национальной академии наук Беларуси и учреждении образования «Барановичский государственный университет».

Исследования в области упрочнения стального режущего инструмента по новой технологии магнитно-импульсной обработки (далее — МИО) [1—3] показали, что новая технология обеспечивает повышение эксплуатационных характеристик ножей из инструментальных сталей до 3 раз для различных отраслей (деревянообрабатывающей, пищевой, мусороперерабатывающей и др.) [3].

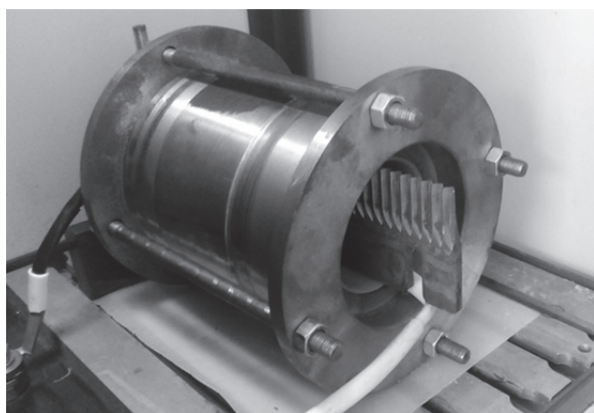
В лаборатории объемных гетерогенных систем Физико-технического института Национальной академии наук Беларуси применили технологию упрочнения МИО с целью повышения износостойкости сложнопрофильных ножей для резки сахарной свеклы. Ножи имеют сложную конструкцию с зигзагообразной режущей кромкой. Их изготавливают путем фрезерования или штамповки заготовок из углеродистых и инструментальных сталей.

На качество свекольной стружки в основном влияет острота режущей кромки ножей, характеризующая радиусом их округления. С увеличением радиуса округления режущих кромок возрастают отрицательные значения переднего и заднего углов, увеличивается сила резания, особенно радиальная ее составляющая, и ухудшается качество стружки, что снижает количество получаемого из нее сахара. В процессе работы затупленные ножи регулярно (1 раз в смену) меняются на переточенные или новые. Некоторые ножи восстанавливаются до 5 раз на правильных и заточных станках, что продлевает их временной ресурс эксплуатации [4].

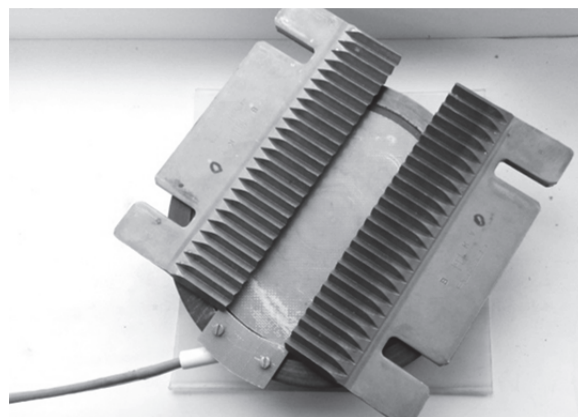
Основная часть. Методика исследования. Исследования процесса МИО ножей проводили в несколько этапов.

Проведение МИО ножей по оптимальному режиму. Для проведения запланированных исследований процесса МИО опытной партии свеклорезных ножей фирмы Putsch (Германия), изготовленных из аналога стали 38ХГНМ, разработана, изготовлена и испытана новая технологическая оснастка. Разработана методика № ФТИ 0.360 проведения научно-исследовательских работ по разработке оптимальных режимов упрочнения рубильных свеклорезных ножей новым методом магнитно-импульсного воздействия. Проведена МИО с целью определения оптимального режима упрочнения опытной партии ножей (128 шт.) на лабораторной установке МИУ-3 в цилиндрическом (рисунок 1, а) и на плоском индукторах (см. рисунок 1, б). Обработку ножей провели по двум режимам, отличающимся применяемым индуктором (цилиндрический, плоский) с различной частотой, энергией воздействия магнитного поля и количеством импульсов. Режим 1 — это МИО в цилиндрическом индукторе, режим 2 — комплексная МИО ножей последовательно в цилиндрическом и на плоском индукторах. Такая комплексная МИО применена для упрочнения не только края режущей кромки лезвий ножа, но и граней, на которых формируются эти лезвия.

Испытания в условиях производства. Ножи после упрочняющей обработки передали в ОАО «Скидельский сахарный комбинат», где они были установлены в свеклорезную машину марки Putsch (Германия) в цехе резки свеклы с целью проведения испытаний. Испытания ножей в производственных условиях проведены на операции резки сахарной свеклы. Опытные упрочненные ножи устанавливались в едином комплекте в соответствии с техническими характеристиками оборудования. В соответствии с техническим регламентом технологического процесса проводится постоянный контроль качества свекольной стружки. При достижении предельно допустимых параметров свекольной стружки ножи подлежат замене.



а)



б)

а — в цилиндрическом индукторе; б — на плоском индукторе

Рисунок 1. — Обработка ножей

Лабораторные исследования. Ножи, прошедшие испытания на производстве, подвергнуты лабораторным исследованиям. При выполнении лабораторных исследований применяли следующие технические средства: микротвердомер ПМТ-3 для измерения микротвердости поверхностного слоя шлифов; металлографический комплекс МГК-1 на основе оптического микроскопа МКИ-2М, подключенного к компьютеру, для получения высококачественных цифровых фотографий микроструктур шлифов образцов.

Приготовление шлифов и металлографические исследования микроструктуры, а также дюрOMETрический анализ ножей производились по известным методикам [5]. В качестве химического травителя использовали состав так называемого нитала — 3%-й раствор азотной кислоты в этиловом спирте.

Результаты исследований, их обсуждение. Известно, что прочностные свойства стальных изделий не зависят линейно от твердости и во многом определяются микроструктурой стали.

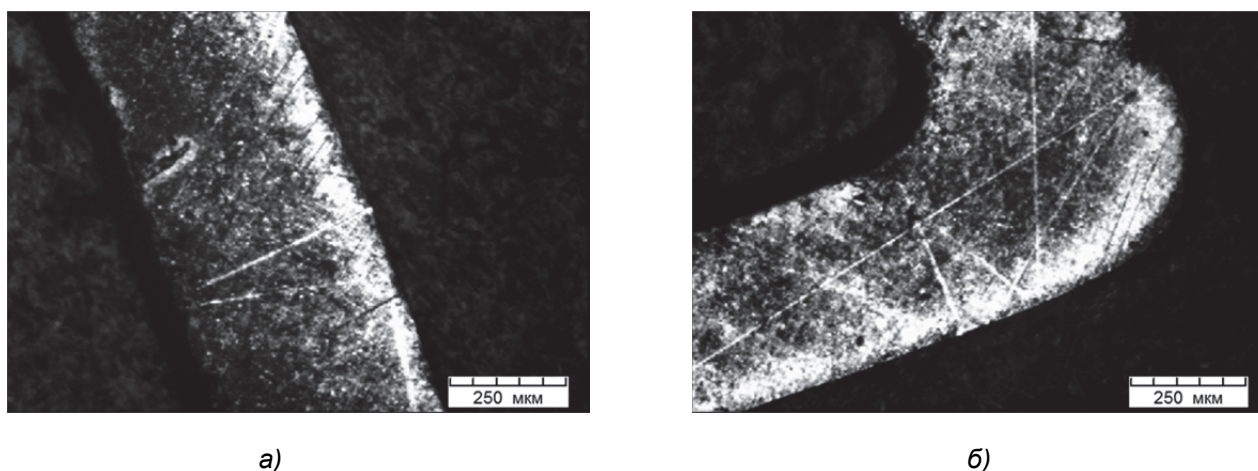
Исследование микроструктуры шлифов режущих кромок сложного профиля ножей, изготовленных после проведения испытаний после комбинированной МИО, позволило выявить однородную и достаточно мелкозернистую структуру троостосорбита в поверхностном слое глубиной 40...60 мкм (рисунок 2).

Как видно (см. рисунок 2), образовалась градиентная структура с изменением лишь рабочих режущих кромок, а внутренняя сердцевина ножа сохранила свои свойства с мелкозернистой, однородной структурой мартенсита. Такая структура обеспечивает одновременно высокую твердость и пластичность, необходимые для ножей, работающих в условиях циклических ударных нагрузок.

Рассмотрим микроструктуры режущих кромок ножей для резки свеклы после проведенных испытаний (рисунок 3).

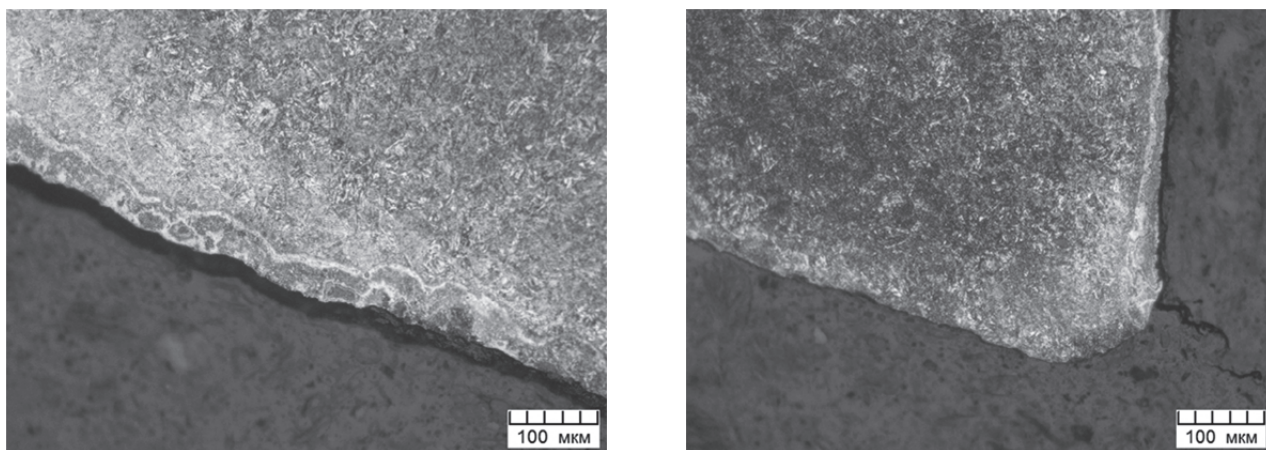
Измененный слой (см. рисунок 3) подвергся износу в процессе испытаний в малой степени, что свидетельствует о повышении износостойкости режущей кромки, которую обеспечила МИО.

Проведено измерение твердости ножа в разрезе, результаты представлены графически (рисунок 4). Поскольку твердость материала ножа на державке составляет 20 HRC, а на лезвии — 37...40 HRC, то это значит, что нож при изготовлении прошел индукционную закалку только в области режущей кромки лезвия. В зоне конструкционного перехода от державки к сложному профилю зигзагообразного режущего лезвия наблюдается резкое увеличение твердости.



а — грань режущей кромки ножа; б — угол режущей кромки ножа

Рисунок 2. — Микроструктура ножа для резки свеклы после МИО до испытаний



а)

б)

а — грань режущей кромки ножа; б — угол режущей кромки ножа

Рисунок 3. — Микроструктуры образцов после испытаний ножей

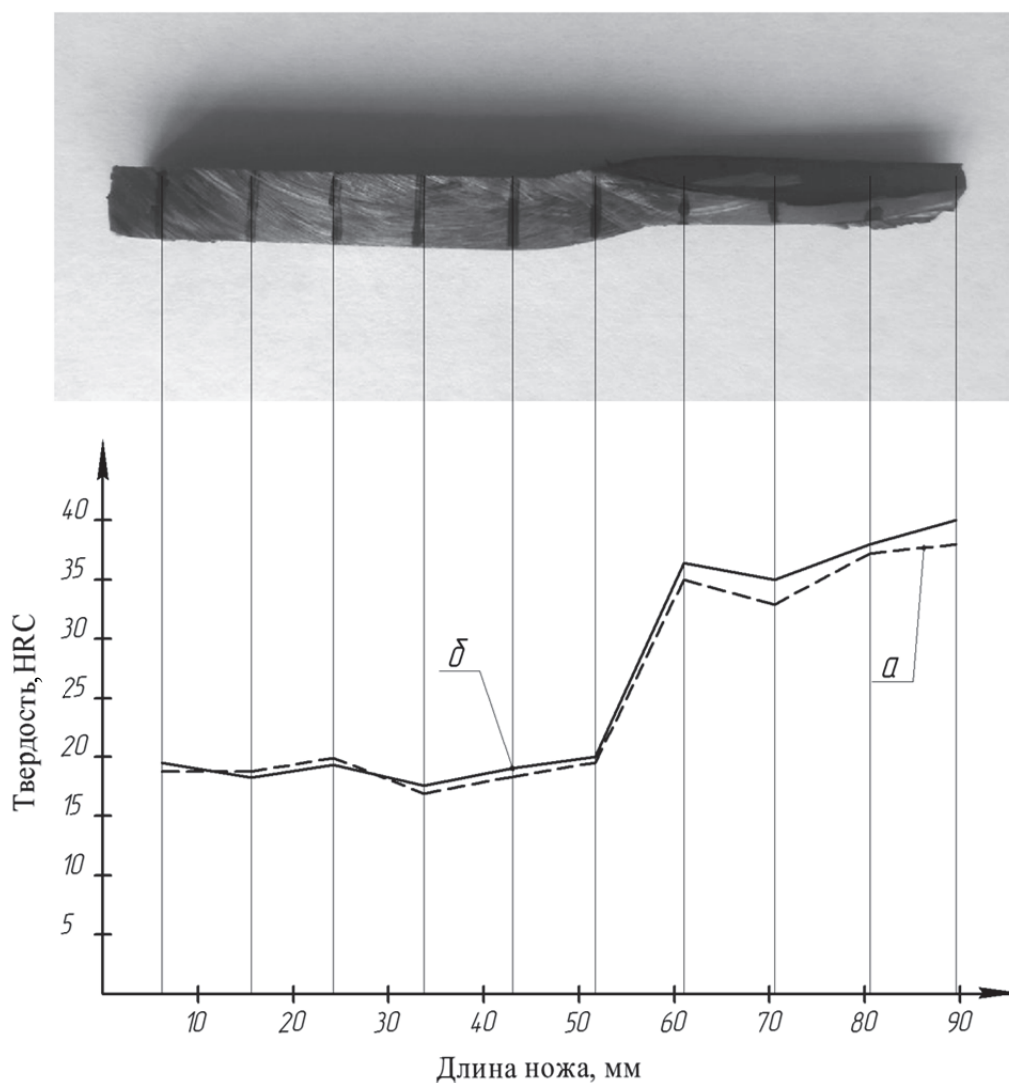


Рисунок 4. — Изменение твердости ножа до (а) и после МИО (б)

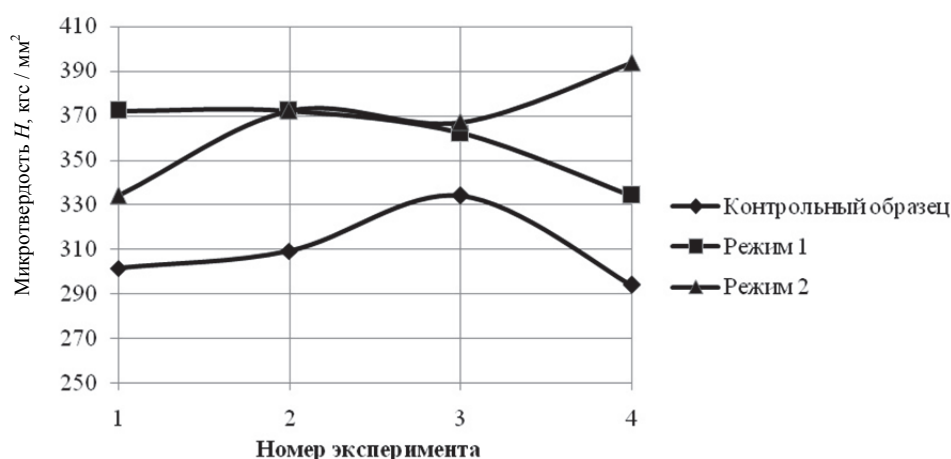


Рисунок 5. — Изменение микротвердости образцов ножей (контрольный образец до проведения МИО, режим 1 — МИО в цилиндрическом индукторе, режим 2 — комбинированная МИО)

Результаты проведенных исследований микротвердости поверхности образцов ножей, обработанных при различных режимах МИО (режим 1 — МИО в цилиндрическом индукторе, режим 2 — комбинированная МИО) показаны графически (рисунок 5).

Заметно некоторое увеличение микротвердости для различных режимов МИО в сравнении с контрольным необработанным образцом, причем лучшие результаты имеет комбинированная МИО с последовательным использованием двух индукторов.

В опытной партии упрочненных ножей после испытаний визуально выявлено снижение количества дефектов режущих кромок (вырывов, поломок), что позволило увеличить период стойкости в 1,8 раза по сравнению с неупрочненными ножами (акт испытаний на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» от 20.12.2016). Таким образом, результаты испытаний свеклорезных ножей показали эффективность разработанной упрочняющей технологии МИО и возможность значительно увеличить их работоспособность.

Заключение. Методом комбинированной магнитно-импульсной обработки с оптимальным режимом была упрочнена опытная партия стальных свеклорезных ножей [6] с режущей кромкой сложного зигзагообразного профиля без изменения их геометрических размеров и качества поверхности.

Магнитно-импульсная упрочняющая обработка сложнопрофильных ножей имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими известными методами упрочнения: простота процесса, отсутствие необходимости в упрочняющих материалах, в очистке поверхности. Процесс высокотехнологичен, экономичен, экологичен.

Изучено изменение микроструктуры ножей после МИО, заключающееся в формировании поверхностного слоя глубиной 40...60 мкм с мелкозернистой и однородной трооститно-сорбитной структурой, при этом происходит незначительное повышение микротвердости поверхности.

В результате испытаний в производственных условиях упрочненных МИО ножей для резки свеклы на свеклорезной машине Putsch (Германия) получены показатели увеличения стойкости в 1,8 раза, что позволяет рекомендовать применение упрочняющей МИО с целью повышения стойкости ножей на технологическом участке восстановления на предприятиях сахарной отрасли.

Список цитируемых источников

1. *Алифанов, А. В.* Технологии изготовления и упрочнения высоконагруженных деталей машиностроения / А. В. Алифанов, А. М. Милюкова, В. А. Томило. — Минск : Беларус. навука, 2014. — 321 с.
2. *Алифанов, А. В.* Магнитострикционный механизм образования мелкодисперсной структуры в стальных изделиях при магнитно-импульсном воздействии / А. В. Алифанов // Вес. Нац. акад. навук. Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. — 2016. — № 4. — С. 31 — 36.
3. *Милюкова, А. М.* Магнитно-импульсная обработка поверхности металлических изделий / А. М. Милюкова, А. И. Горчанин // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки : материалы 32-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 5 апр. 2017 г. — Минск : БНТУ, 2017. — С. 163—165.
4. Повышение износостойкости ножей для резки сахарной свеклы методами высокоэнергетической обработки / А. В. Алифанов [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 14-16 сент. 2016 г. : в 3 кн. — Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2016. — Кн. 2. — С. 4—10.
5. *Баранова, Л. В.* Металлографическое травление металлов и сплавов : справ. изд. / Л. В. Баранова, Л. М. Демина. — М. : Металлургия, 1986. — 256 с.
6. Стандарт СЭВ 4399-83. Ножи свеклорезные. Основные размеры, технические требования. — Введ. 01.12.1983. — Дрезден : Изд-во стандартов, 1983. — 5 с.

Поступила в редакцию 29.05.2017