

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ДЛЯ БОРИРОВАНИЯ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА

**И. А. Гармаева, В. В. Зобнев, А. М. Марков, Б. Д. Лыгденов,
Н. Ю. Малькова, С. Г. Иванов, А. М. Гурьев**

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Ранее было исследовано влияние состава борлирующих смесей, химического состава стали, а также технологических параметров на фазовый состав, структуру углеродистых и легированных сталей, и свойства покрытий, получаемых при использовании различных способов нагрева (газовой горелкой, в камерной электропечи, ТВЧ-нагрева) для упрочнения деталей машин и инструмента.

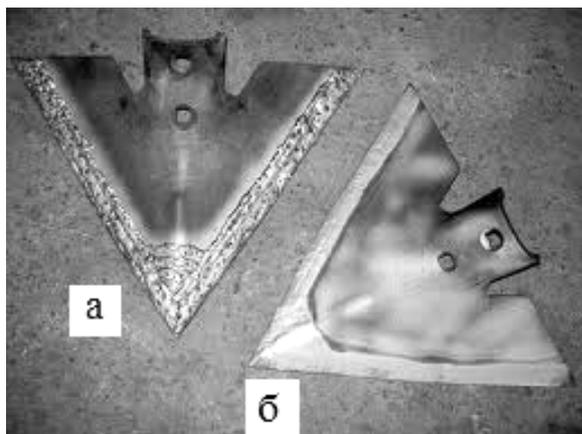


Рисунок 1 – Упрочненные стрелчатые культиваторные лапы методом электродугового легирования (а) и методом наплавки (б)

Для поверхностного упрочнения конструкционных и легированных сталей, и рабочих органов сельскохозяйственных машин широко применяют методы создания различных износостойких покрытий из функциональных материалов. На рисунке 1 представлены традиционно применяемые способы упрочнения стрелчатых культиваторных лап.

В настоящей работе представлены результаты оптимизации химического состава борлирующей смеси и технологических параметров насыщения поверхности для упрочнения стрелчатых лап культиватора из стали 55 в условиях ТВЧ-нагрева (рисунок 2), путем построения математических моделей процесса в виде поверхностей отклика целе-

вых функций толщины (h) и износостойкости (ε) покрытия в программном комплексе Statsoft STATISTICA v 8.0.2 методом дробного факторного эксперимента вида:

$$Y = 145X_1 + 77,5X_2 + 21X_3 + 385X_1X_2 - 82X_1X_3 - 143X_2X_3,$$

где Y – толщина диффузионного слоя;
 X_1 – массовое содержание в смеси карбида бора;
 X_2 – массовое содержание в смеси диборида хрома;
 X_3 – массовое содержание в смеси углерода

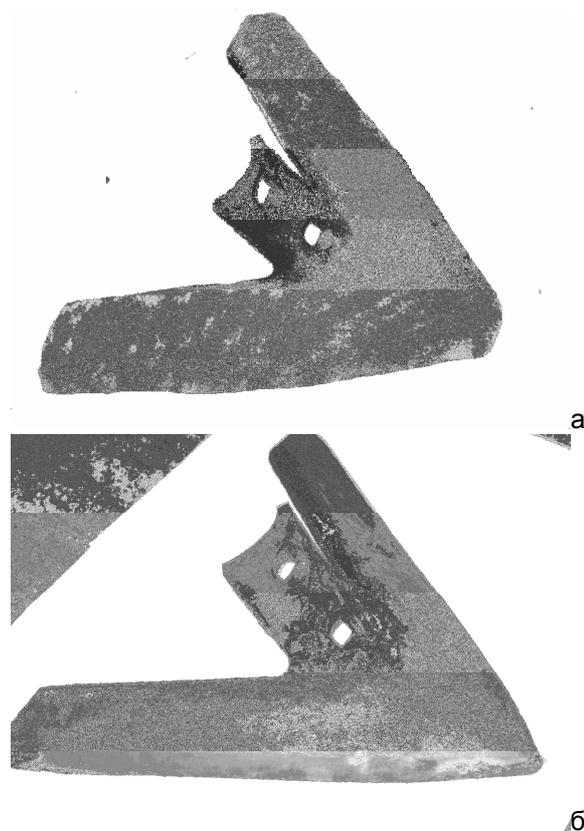


Рисунок 2 – Лапы с нанесенной на поверхность обмазкой для диффузионного упрочнения (а), после упрочнения и зачистки поверхности (б)

И. А. ГАРМАЕВА, В. В. ЗОБНЕВ, А. М. МАРКОВ, Б. Д. ЛЫГДЕНОВ,
Н. Ю. МАЛЬКОВА, С. Г. ИВАНОВ, А. М. ГУРЬЕВ

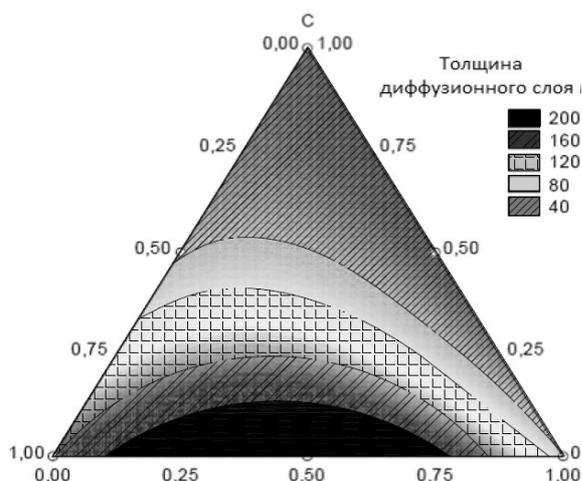


Рисунок 3 – Концентрационный треугольник (в %) оптимизации состава для борохромирования по толщине слоя (в мкм)

Как видно из рисунка 3, наиболее оптимальны составы, содержащие 15 – 40 % масс. диборида хрома, 45 – 78 % масс. карбида бора и 7 – 15 % углерода. После построения модели необходимо оценить ее адекватность.

При проверке с помощью критерия Стьюдента, модель оказалась адекватной. Дополнительная проверка производилась путем расчета предсказанной толщины слоя при данном составе смеси с последующей проверкой расчета натурным экспериментом (рисунок 4).

На рисунке 4 видно, что разброс толщин получаемых покрытий на стали 55 находится в пределах 110 – 160 мкм при доверительном интервале 0,95. В натурном эксперименте осуществляли упрочнение 8 лап в одинаковых условиях, в результате средняя толщина диффузионного слоя составила 137 мкм, а разброс значений составил от 128 до 152 мкм.

На основании вышеизложенного построена предсказательная модель для оценки зависимости толщины диффузионного слоя от соотношения компонентов насыщающей смеси, которая выглядит следующим образом:

$$h = 51,8 \cdot m_{B_4C} + 27,69 \cdot m_{CrB_2} + 7,5 \cdot m_C + 28,08 \cdot m_{B_4C} \cdot m_{CrB_2} - 10,43 \cdot m_{CrB_2} \cdot m_C - 5,98 \cdot m_{B_4C} \cdot m_C;$$

где m – значения процентных отношений масс соответствующих компонентов к общей массе насыщающей смеси.

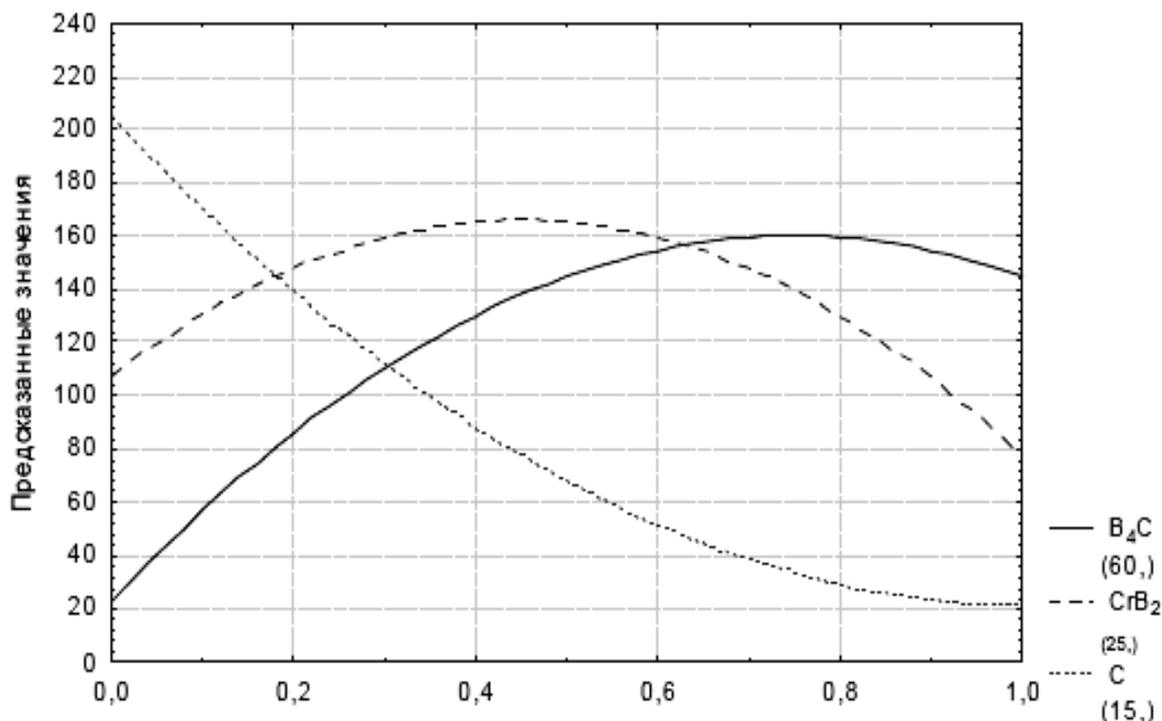


Рисунок 4 – Двумерная модель поверхности отклика оптимизационной модели при данном составе насыщающей смеси

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ДЛЯ БОРИРОВАНИЯ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА

Методом факторного эксперимента получены уравнения регрессии, позволившие установить зависимость износостойкости пластичности от времени нагрева, химического состава насыщаемых сталей и насыщающих сред.

Проведены эксперименты и установлены оптимальные составы насыщающих смесей, содержащие 15 – 40 % масс. диборида хрома, 45 – 78 % масс. карбида бора и 7 – 15 % углерода, 2,5 – 3,5 % фторида натрия.

Исследовано влияние состава насыщающей смеси, химического состава стали, а также технологических параметров на фазовый состав, структуру и свойства покрытий, получаемых при использовании ТВЧ-нагрева.

Оптимальное время нагрева и мощность индуктора ТВЧ, для культиваторных лап из сталей 65Г и 55 составляет 12 – 180 сек и 45 – 90 кВт соответственно.

Таким образом, определен оптимальный режим многокомпонентного поверхностного легирования стрельчатых лап культиватора с использованием ТВЧ-нагрева.

Список литературы:

1. Гурьев А. М. Физические основы химико-термоциклической обработки сталей / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, Н. А. Попова, Э. В. Козлов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – 250 с.
2. Гурьев А. М. Новые материалы и технологии для литых штампов // Барнаул, 2000. – 216 с.
3. Гурьев А. М. Теория и практика получения литого инструмента / Гурьев А. М., Харраев Ю. П. // Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005.- 220 с.
4. Гурьев А. М. Диффузионные покрытия сталей и сплавов / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, И. А. Гармаева. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – 221с.
5. Иванов С. Г. Особенности диффузии атомов бора и хрома при двухкомпонентном насыщении поверхности стали Ст3 / Иванов

С. Г., Гармаева И. А., Гурьев А. М. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2012. Т. 9. № 1. С. 86-88.

6. Кошелева Е. А. Оптимизация химического состава насыщающих смесей при диффузионном борировании инструментальных сталей / Кошелева Е. А., Гурьев А. М. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2009. № 5. С. 76-77.

7. Гурьев А. М. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термоциклическом борировании феррито-перлитой стали / Гурьев А. М., Козлов Э. В., Жданов А. Н., Игнатенко Л. Н., Попова Н. А. // Известия высших учебных заведений. Физика. 2001. № 2. С. 58.

8. Иванов С. Г. Фазовые превращения и структура комплексных боридных покрытий / Иванов С. Г., Гармаева И. А., Андросов А. П., Зобнев В. В., Гурьев А. М., Марков В. А. // Ползуновский вестник. 2012. № 1-1. С. 106-108.

9. Гурьев М. А. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные / Гурьев М. А., Фильчаков Д. С., Гармаева И. А., Иванов С. Г., Гурьев А. М., Околович Г. А. // Ползуновский вестник. 2012. № 1-1. – С. 73-78.

10. Гурьев А. М. Совершенствование технологии химико-термической обработки инструментальных сталей. / Гурьев А. М., Лыгденов Б. Д., Власова О. А. // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. 2009. № 1. С. 14-15.

11. Зобнев В. В. Фазовые превращения и структура комплексных боридных покрытий / Зобнев В. В., Иванов С. Г., Гармаева И. А., Андросов А. П., Гурьев А. М., Марков В. А.// Ползуновский вестник. 2012. – № 1-1. С. 106-108.

12. Гурьев А. М. Способ нанесения керамического покрытия на детали из чугунов и сталей / Гурьев А. М., Иванов С. Г. Гурьев М. А. Иванов А. Г., Зобнев В. В.// Патент на изобретение № 2482215 по Заявке № 2011148197/02, 25.11.2011. Опубликовано 20.05.2013 Бюл.№14