

Гончаренко А.А.,
Романюк С.П.,
Полянский А.С.
Омельченко Л. В.
Коломиец В.В.

Харьковский национальный технический
университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко
г. Харьков, Украина
E-mail: alex-goncharenko@i.ua

ОСОБЕННОСТИ
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ
ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ
ВОССТАНОВЛЕННОГО
СЛОЯ НАПЛАВКОЙ

УДК 621.791.927

Предложен эффективный способ модифицирования восстановительных покрытий вторичным сырьем при восстановительной наплавке изделий.

Впервые проведены исследования по использованию в качестве модификатора вторичного сырья – детонационной шихты от утилизации боеприпасов (магнитной составляющей).

Изучено влияния способа ввода такой присадки на структурообразование при металлографических и электрометаллографических исследованиях. Показано, что введение модифицирующей присадки и влияние на структурообразование зависит от технологических параметров ее ввода.

Небольшая неоднородность структуры характерна для восстановления деталей без ввода присадки и с использованием иликерного покрытия.

Лучшие результаты достигнуты при введении присадки путем обмазки электрода. Это обеспечило измельчение зерна в покрытии, предотвратило кристаллизацию дендритов и сформировало наиболее прочную волнистую зону сплавления с основой.

Ключевые слова: *детонационная шихта, модифицирование, износ, иликерное покрытие, неметаллические включения, покрытие электрода, структурообразование.*

Вступление. В ранее выполненных работах детально исследовали возможность модифицирования восстановительной наплавки на стальных изделиях не магнитной составляющей детонационной шихты, получаемой при специальной утилизации боеприпасов.

Полученную шихту разделяли на три фракции: дисперсная немагнитная, магнитная и крупная, содержащая ту и другую составляющую.

Исследуемая ранее немагнитная составляющая включала оксиды меди до 6-10% и железо остальное. Модифицирование такой шихтой в результате введения микрохолодильников в виде алмазосодержащих включений (нано- и микро). Алмазная составляющая не растворялась, поскольку температура плавления ее составляет 4000°C. Такая добавка способствовала измельчению зерна, формированию переходной зоны подложка – наплавка, что обеспечило большую прочность сцепления за счет неравномерного осаждения этой добавки в жидкий расплав.

Анализом магнитной детонационной шихты было установлено, что доля дисперсных алмазов и графита сосредоточена в составляющих окислов железа этой шихты. Если учесть, что такие окислы имеют более низкую температуру плавления чем жидкая ванна, то можно предположить, что в случае освобождения твердых включений от других составляющих шихты появится возможность получить их и из фракции магнитной составляющей. Общая доля такой углерод-содержащей фазы в этой шихте составляет 2,87 – 4,5% ее массы.

Постановка проблемы. Целью работы явилось: установление возможности использования магнитной составляющей шихты для модифицирования покрытий с

обеспечением однородности восстановленного слоя, повышения его качества за счет измельчения зерна, повышения прочности сцепления покрытия с основой, при условии минимизации доли не металлических включений.

Методика проведения исследований. Исследованиями предусмотрена разработка способа модифицирования при использовании магнитной составляющей детонационной шихты от утилизации боеприпасов, в качестве порошковой модифицирующей присадки при нанесении покрытия для обеспечения необходимого качества восстановленного слоя и увеличения износостойкости изделий, и дробления зерна структуры металла.

Поставленную задачу решали следующим образом: на подготовленную поверхность детали наносили покрытие углеродосодержащим электродом с одновременным его модифицированием и использованием магнитной детонационной шихты.

Для достижения поставленной цели провели комплексное исследование, позволяющие оценить влияние такой присадки. Оценку проводили на основе оптической металлографии, электронно-металлографического исследований и локального рентгеноспектрального анализа с определением уровня формируемых напряжений по показателям коэрцитивной силы.

Результаты исследований. Наплавку производили двумя методами: нанесения шликерного покрытия с последующим расплавлением присадки, и обмазкой электрода из углеродистой стали. Количество модифицирующей присадки определяли достижением однородности структуры. Исследования проводили сопоставительно, таким же способом, без введения модифицирующей присадки. Анализировали интервал присадки 10-15% от массы электрода, а также менее и более ее доли. В результате было получено, что менее 10% не обеспечивается качественное сцепление переходной зоны. При концентрации более 15% отмечаются зоны в покрытии, которые характеризуются скоплениями порошковой присадки, с направленностью их осаждения, которое в ряде случаев приводят к трещинообразованию. Хотя в этом случае структура наплавленного слоя довольно равномерная с мелким зерном, но с дендритной направленностью к теплоотводу рис. 1а, б; 2, с хорошей структурой в переходной зоне.

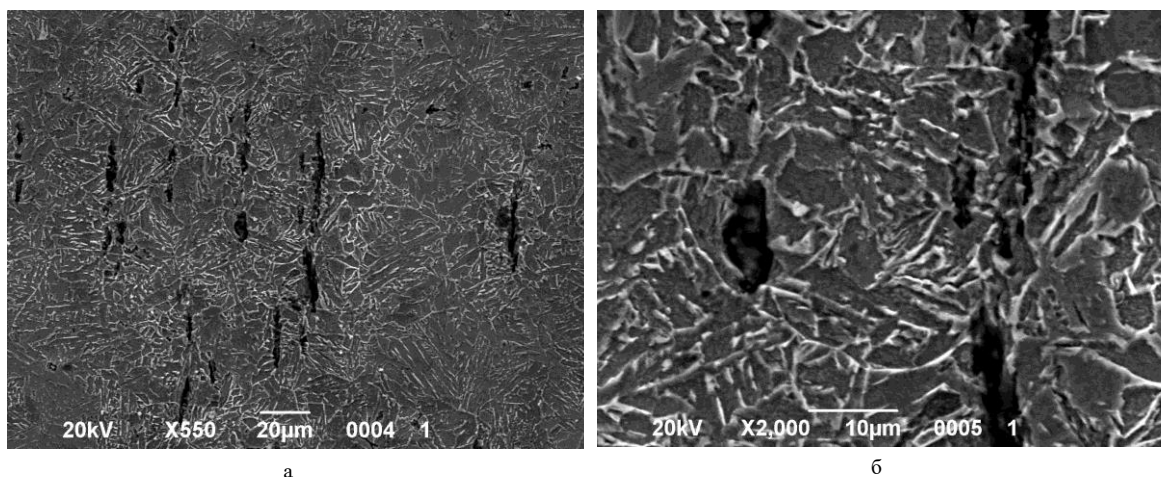


Рис. 1 – Не растворившееся присадка модификатора из шликерного покрытия
а – $\times 550$; б – $\times 2000$

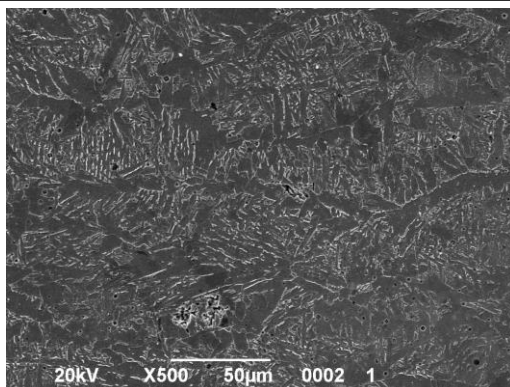


Рис. 2 – Дендритная структура зоны наплавки шликерного покрытия и зоны сплавления

При большем увеличении (см. рис. 1б), четко видно, что это неметаллические включения, вокруг которых сформировалась пористость. В одном включении (см. рис. 1а, б) выявлено 95% железа, 2,36% марганца, 2,5% хрома, что свидетельствует о том, что отсутствует или слабое влияние модифицирующей присадки и включения всплывают из основного металла.

В другом включении 1,02Si, 0,51S, 6,58Cr, 1,5Mn, 90,38Fe.

При шликерном нанесении покрытия с увеличенной долей модифицирующей присадки в зоне сплавления Fe снижается до 79,25%, но возрастает количество других компонентов.

Поэтому, детально изучали присадки в количестве 10-15%. В зонах наплавки и переходной хром отсутствовал, концентрация марганца изменялась 0,85-1,3%, а доля железа от 0,98 – 0,97 до 99,15%.

Вместе с тем, при наплавке таким способом в покрытии отмечались отдельные включения, которые содержали незначительную долю кислорода, алюминия, серы, титана, марганца и основу составляло железо.

В результате этих исследований показано, что шликерное покрытие не обеспечивает необходимой однородности металла по распределению компонентов в зоне наплавки. Такой способ модифицирования не воздействует в данном случае и на переходной слой. Поэтому требуется дозированный ввод присадки.

При уменьшении доли присадки в шликерном покрытии ниже 10% не происходит и дробления зерна, а формируется грубая дендритная структура рис. 3а, б., а до травления выявлена ровная зона сплавления и основной металл насыщен неметаллическими включениями. Зона наплавки без металлических включений рис. 3б.

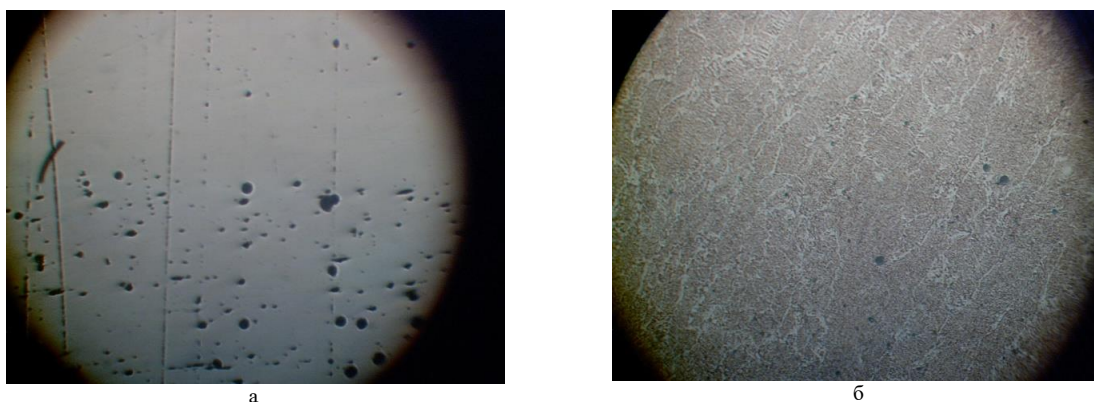
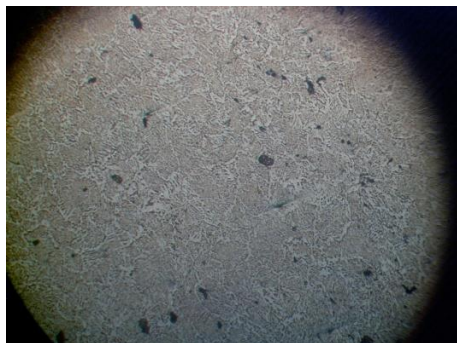


Рис. 3 – Наплавка с присадкой при шликерном покрытии до 10%:
а – наличие ровной зоны сплавления; б – грубая дендритная структура металла
в наплавленном шликерном покрытии ×100

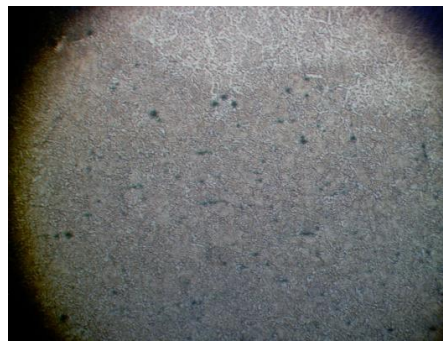
Сопоставительно анализировали введенные модифицирующие присадки путем обмазки электрода. Обмазку осуществляли смесью детонационной шихты с жидким

стеклом. После высыхания заглавливали специально полученные дефекты в виде искусственной трещины.

При наплавки таким способом исследовали влияние доли вводимой присадки, оптимальной была такая самая, что и при шликерном покрытии (10-15% относительно металла электрода). Формировалась структура с равномерным распределением зерен по всему сечению рис. 4а, б., и формировалась волнистая структура зоны сплавления покрытие – основа. С учетом того, что формировалась небольшая переходная зона 120мкм с мелким раздробленным зерном при полосчатой структуре рис. 5.



а



б

Рис. 4 – Структура рабочего слоя (электрод с покрытием) $\times 200$

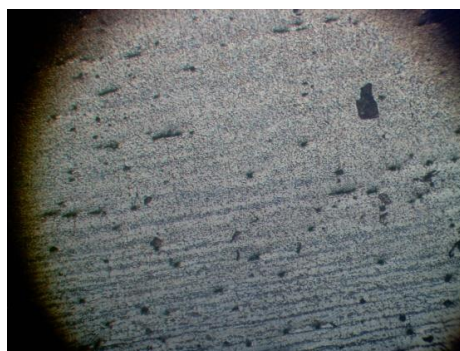


Рис. 5 – Переходная зона 120мкм с мелким раздробленным зерном с тонко полосчатой структурой основного металла

Следует отметить, что ряд включений из основного металла всплывает на границе раздела, формируя вершины зоны сплавления, а впадины, за счет большего проплавления. При этом они укрупняются и не распределяются в виде скоплений. Эти включения сформировались из основного металла, который стал чище в прилегающей зоне (рис. 6, 7).



Рис. 6 – Включения в основном металле

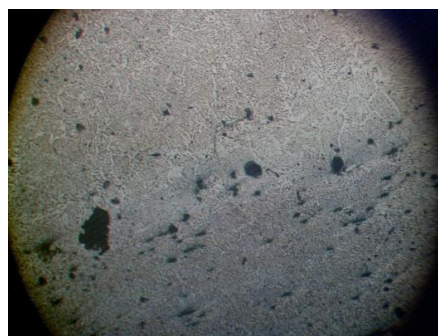


Рис. 7 – Волнистая переходная зона сплавления с включениями

Появление более чистой зоны термического влияния (см. рис. 5, 7) также способствовало лучшей сцепляемости. При этом зона термического влияния отличалась минимальной долей раздробленных неметаллических включений рис. 8.



Рис. 8 – Зона термического влияния с минимальным количеством включений

Покрытие, нанесенное электродом с обмазкой, содержит: 0,84Mn и 99,16Fe рис. 9, табл. 1.

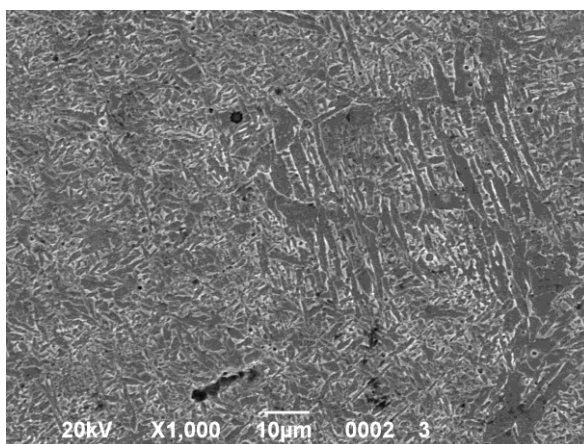


Рис. 9 – Покрытие, нанесенное электродом с обмазкой не магнитной составляющей, при увеличении x1000

Таблица 1

**Содержание Mn и Fe в покрытии нанесенное электродом с обмазкой
 (результаты локального спектрального анализа)**

Элемент	Усл. концентрация	Интенсивность. попр.	Весовой %	Весовой % сигма	Атомный
Mn K	0,24	0,9772	0,84	0,19	0,85
Fe K	28,70	1,0002	99,16	0,19	99,16
Итоги			100		

Методом электронной микроскопии выявлено, что мелкие включения из основного металла образуют тонкую переходную зону размером в 90мкм с мелкими неметаллическими включениями, которые не всплывают в металл наплавки. В этом случаи волнистость зоны сплавления становится более ровной и отличается измененным цветом за счет формируемых напряжений. Зона термического влияния отличается уменьшением количества неметаллических включений и характеризуется дисперсным зерном. По своему строению она имеет очень разную структуру: первая часть, прилегающая к переходной и, ее можно оценить наиболее точно по электронному изображению, составляет

600мкм; вторая часть, включающая полосчатую структуру от прокатки составляет 1000мкм; третья часть размером 700мкм имеет менее раздробленную полосчатость (рис. 10), что определяется изменениями термодинамики процесса.

Выполнен локальный спектральный анализ включений, которые формируются в переходной зоне. Их размер колеблется от 3,9мкм до 24мкм, рис. 11, таблицы 1,2,3.

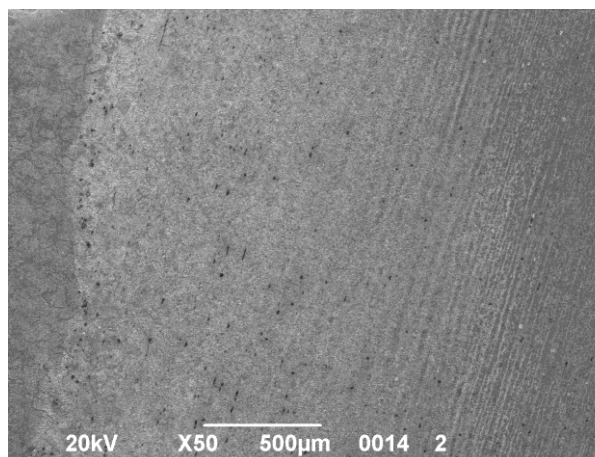


Рис. 10 – Три зоны термического влияния

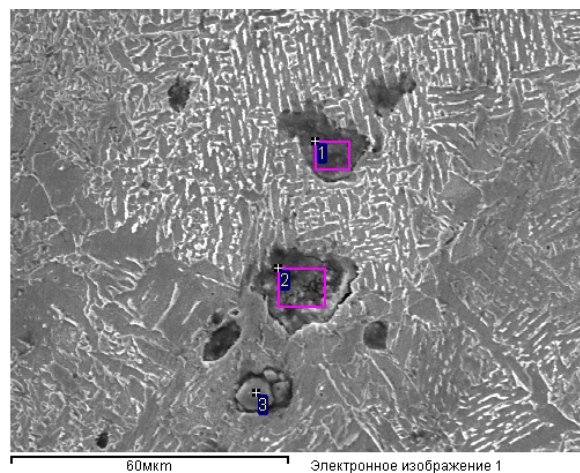


Рис. 11 – Наличие включений в переходной зоне

Анализом установлено, что включение 1 (см. рис. 11) содержит 45,23%Cr и 54,08Fe. Исходя из этого, можно установить, что это спецкарбид хрома Cr₇C₆. Такие карбиды формируются в высокохромистых чугунах [1].

Включение 2 также содержит Cr до 10,83% и Mn – 1,38%, это сложное соединение железа с карбидообразующими компонентами. Включение 3 – это чистый хром, содержит 97,45% этого компонента, а примесь Fe – не превышает 2,55%, можно предположить, что исходный металл легировали FeCr, который был плохо раздроблен и не успел достаточно раствориться в процессе плавки в исходном металле.

Таблица 2

Содержание элементов в неметаллическом включении 1 (см. рис. 11)

Элемент	Усл. кон-центрация	Интенсив-ность. попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный
O K	0.00	1.5337	0.00	0.00	0.00
Si K	0.02	0.6642	0.13	0.04	0.26
S K	0.03	0.8879	0.18	0.06	0.31
Ca K	0.08	1.1922	0.38	0.09	0.51
Cr K	8.51	1.0694	45.23	0.37	46.81
Fe K	8.72	0.9165	54.08	0.37	52.11
Итоги			100.00		

Таблица 3

Содержание элементов в неметаллическом включении 3 (см. рис. 11)

Элемент	Усл. кон-центрация	Интенсив-ность. Попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный
Cr K	20,16	1,0018	97,45	0,18	97,62
Fe K	0,44	0,8342	2,55	0,18	2,38
Итоги			100		

Анализ наплавки, проведенной по тем же режимам и одинаковым электродом показал, что в процессе прокатки эти неметаллические включения деформируются и главным образом находятся в мягкой составляющей - феррите, рис. 12а, б, увеличение $\times 100$, $\times 1000$. В перлитных полосах они практически отсутствуют.

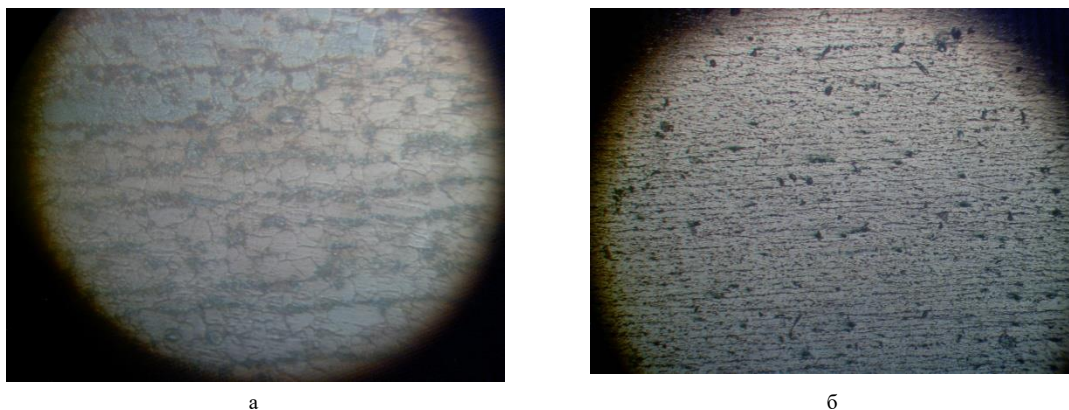


Рис. 12 – Наличие неметаллических включений в мягкой составляющей (феррите):
а – увеличение $\times 1000$; б - увеличение $\times 100$

Без внесения модифицирующей присадки неметаллические включения всплывают в зону покрытия и переходную. Размеры этих включений изменяются от 10 до 30 мкм.

Несмотря на насыщенность стали неметаллическими включениями, они не являются центрами кристаллизации, и не дробят дендритную структуру в зоне наплавки, а по расположению направленность их расположения соответствует теплоотводу, рис. 13.

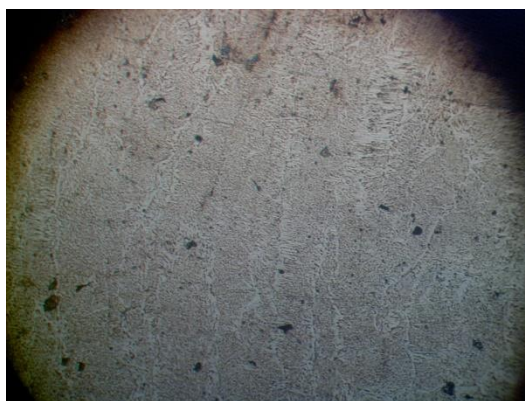


Рис. 13 – Наличие и расположение неметаллических включений в зоне наплавки

Методом микрорентгеноспектрального анализа установлено, что в зоне наплавки без модифицирующей присадки отмечается повышенная концентрация кремния в различных зонах от 0,1-0,2% до 4,85%, содержание серы достигает 1,11%, хрома от 25,7% до 17,94%, марганца от 1,51% до 10,64%.

Такое распределение компонентов дает основание утверждать, что исходный металл также содержит значительное количество включений Mn и S, которые являются пластинчатыми и располагаются в ферритной составляющей в виде вытянутых включений.

Это исследование показало, что нарушена технология легирования и модифицирования исходной стали в процессе ее выплавки, но дозированное введение модифицирующей присадки позволяет получить качественный восстановленный слой.

Выводы. Предложен эффективный способ модифицирования покрытий вторичным сырьем при восстановительной наплавке изделий, который обеспечивает

дробление структуры металла наплавленного слоя, повышение износостойкости, минимизацию напряжений путем использования магнитной составляющей детонационной шихты, которую следует вводить дозированно при наплавке изделий из углеродистых и даже не качественных засоренных сталей.

Такой способ предусматривает использование специально подготовленную магнитную составляющую детонационной шихты от утилизации боеприпасов, которая состоит из оксидов железа, меди, а также дисперсных алмазов и графита (общей долей до 4,5%).

При этом модифицирующую шихту в наплавку вводят в количестве 10-15% относительно металла электрода, на который наносят покрытие путем обмазки на основе жидкого стекла.

Литература

1. "Increasing the quality of rolling rolls of high – chromium cost iron by high – temperature heat treatment", T.S. Skoblo, E.N. Vishnykova, N.M. Mozharova, et all.// Metal Sci. Heat Treat., - 32 (10),734-736 (1990).
2. Новая технология модифицирования при восстановлении изделия / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Гончаренко А.А., Марков А.В., Михайличенко А.С.// Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенко. Випуск 158/ Харьков, 2015. – С.3-8.
3. Теоретическая оценка особенностей структурообразования при вводе углеродсодержащих порошковых композиций в покрытие / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Гончаренко А.А., Марков А.В., Спольник А.И., Телятников В.В.// Науковий журнал, Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016, №4/ Харків 2016. – С. 157-163.

Summary

Goncharenko A.A., Romanyuk S.P., Poljansky A.S., Omelchenko L.V., Kolomic V.V. Peculiarities of structural education in modification of refined layer surface

An effective way of modifying the reducing coatings with secondary raw materials during the reduction of surfacing products is proposed.

For the first time, studies have been carried out on the use of secondary raw materials as a modifier - detonating charge from the disposal of ammunition (magnetic component).

The influence of the method of the introduction of such an additive on the structure formation in metallographic and electronmetallographic investigations has been studied. It is shown that the introduction of a modifying additive and the effect on structure formation depend on the technological parameters of its introduction.

The small inhomogeneity of the structure is characteristic for the restoration of parts without the introduction of the additive and using a slip coating.

The best results are achieved when the additive is introduced by electrode tension. This ensured the grinding of the grain in the coating, prevented the crystallization of dendrites, and formed the most durable, wavy fusion zone with the base.

Keywords: *detonation charge, modification, wear, slip coating, nonmetallic inclusions, electrode coating, structure formation.*

References

1. “Increasing the quality of rolling rolls of high – chromium cast iron by high – temperature heat treatment”, T.S. Skoblo, E.N. Vishnykova, N.M. Mozharova, et al.,// Metal Sci. Heat Treat., – 32 (10),734-736 (1990).
2. A new technology for the modification of product restoration / Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Goncharenko A.A., Markov A.V., Mikhailichenko A. C. // The Bulletin of the KhNTUSG named after P.Vasilenko. Issue 158 / Kharkiv, 2015. – p.3-8.
3. Theoretical estimation of structural formation features when introducing carbonaceous powder compositions into a coating / Skoblo T.S., Sidashenko A.I., GoncharenkoA.A., Markov A.V., Spolnik A.I., Telyatnikov V.V. // Scientific journal, Technical service of agroindustrial, forestry and transport complexes. 2016, №4 / Kharkiv 2016. – P. 157-163.