



## 20 ЛЕТ В МИРЕ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК

*Распад СССР, рождение на постсоветском пространстве в начале 1990-х годов независимых республик сопровождался сбоем в работе промышленности, разрывом и потерей производственных связей, массовой остановкой производств. В 1993 г. в Киеве по инициативе сотрудников ИЭС им. Е. О. Патона было создано совместное российско-украинское предприятие ООО «СП «ТМ ВелдТек». Оно успешно развивалось в направлении производства порошковых проволок. Этому способствовала поддержка «Днепропетровского метизного производственного объединения», руководство которого с пониманием отнеслось к идее восстановления производства порошковых проволок в Украине.*

*В 2001 г. производство порошковых проволок было выделено в отдельное подразделение – ООО «ТМ.ВЕЛТЕК».*

*За 20 лет работы на предприятии реализован ряд важных технических мероприятий по ремонту и модернизации основного оборудования, в частности линий производства порошковых проволок, совершенствованию шихтового отделения, освоены современные виды поставки продукции, отработаны технологии изготовления проволок диаметрами от 1,0 до 6,0 мм. К настоящему времени разработаны и выпускаются серии современных сварочных и наплавочных порошковых проволок. Достигнутые результаты стали возможны благодаря самоотверженному труду высококвалифицированных инженерно-технических работников и рабочих.*

*Положительный результат сотрудничества с предприятиями достигается благодаря комплексному подходу при выполнении заказа, включающему при необходимости консультационную помощь по выбору материала, оптимальной технологии и оборудования для его применения, инженерное сопровождение.*

*Высокий научный и технический потенциал предприятия независимо от номенклатуры и объемов партий позволяет выполнять заказы в кратчайшие сроки с учетом требований заказчика. Такой подход позволил освоить достаточно большой сектор рынка в Украине, обеспечить стабильные зарубежные контракты и стать постоянным партнером для многих предприятий. В ее активе опыт взаимодействия сотрудничества с научно-исследовательскими институтами и университетами Украины и России.*

*По назначению и техническим характеристикам порошковые проволоки марки ВЕЛТЕК сегодня не уступают продукции ведущих зарубежных компаний, что подтверждается их высокой оценкой на отечественных и зарубежных выставках и независимыми рейтингами, признанием в качестве надежного поставщика ведущими предприятиями Украины и СНГ, непрерывным расширением областей потребления и ростом объемов продаж.*

*Для восстановительной наплавки деталей металлургического оборудования в ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработан ряд новых порошковых проволок.*

*Для восстановительной наплавки роликов МНЛЗ выпускается порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н470 диаметром 2,0–4,0 мм в сочетании с флюсами АН-20 и АН-26 и самозащитная ВЕЛТЕК-Н470С диаметром 2,0–2,4 мм. Эти порошковые проволоки обеспечивают самопроизвольное отделение шлаковой корки, отсутствие пор и трещин в наплавленном металле при соблюдении технологических рекомендаций. Сопоставительные испытания порошковых проволок ВЕЛТЕК-Н470 и ВЕЛТЕК-Н470С показали, что они находятся на уровне проволок ведущих зарубежных компаний. Наплавленные ролики имеют ресурс не менее 1,5 млн т.*





ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» совместно с металлургическими заводами КГМК «Криворожсталь», ДМК им. Дзержинского и МК «Запорожсталь» выполнен комплекс работ, направленных на совершенствование наплавочных материалов, технологии и оборудования для наплавки прокатных валков. На базе стандартных порошковых проволок марок ПП-Нп-35В9Х3СФ и ПП-Нп-25Х5ФМС были отработаны системы легирования и разработаны новые порошковые проволоки с учетом условий эксплуатации прокатных валков: ВЕЛТЕК-Н370-РМ, ВЕЛТЕК-Н460, ВЕЛТЕК-Н500-РМ, ВЕЛТЕК-Н500-РМ, ВЕЛТЕК-Н505-РМ, ВЕЛТЕК-Н550-РМ. Наплавка этими проволоками выполняется под флюсами АН-20, АН-26, АН-348А. Использование предлагаемых проволок повысило эффективность работы прокатных валков.

Совместно с Никопольским заводом бесшовных труб ЗАО «Нико Тьюб» выполнены работы по внедрению в процесс упрочняющей наплавки валков непрерывного стана порошковой проволоки ВЕЛТЕК-Н480НТ с системой легирования С-Si-Mn-Cr-V-Mo-W. Проволока

обеспечивает устойчивый процесс наплавки под флюсами АН-20С, АН-26П на постоянном токе обратной полярности, легкую отделимость шлаковой корки, отсутствие трещин и пор в наплавленном металле. Твердость наплавленного металла HRC 50–56.

Самозащитная порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н250РМ диаметром 1,6–3,0 мм успешно применяется при восстановлении подушек прокатных клетей и ножиц, шпинделей и муфт приводов прокатных валков, звездочек, втулок, валов, ступиц и др.

Реализована наплавка кернов клещевых кранов и губок стрипперного крана, которые

в процессе эксплуатации испытывают ударные и сжимающие нагрузки в условиях высоких температур. Для этой цели применена самозащитная порошковая проволока марки ВЕЛТЕК-Н480С диаметром 2 мм с системой легирования (С-Cr-W-Mo-V-Ti), которая обеспечивает твердость наплавленного металла после наплавки HRC 50-54, горячую твердость HRC 40–44 при 600 °С. Применение механизированной наплавки проволокой ВЕЛТЕК-Н480С взамен электродов Т-590, Т-620 позволило повысить срок службы кернов в 4–5 раз. Задача восстановления кернов решена в комплексе (оборудование–материал–технология).

Для наплавки крановых колес предлагаются порошковые проволоки марок ВЕЛТЕК-Н300-РМ, ВЕЛТЕК-Н350-РМ диаметром 1,6–4,0 мм. Наплавка осуществляется под флюсами АН-348, АН-60 или в углекислом газе. В последние годы успешно применяется ВЕЛТЕК-Н300-РМ взамен сплошной проволоки Нп-30ХГСА. Для наплавки колес тяжело нагруженных кранов разработана технология наплавки под флюсом АН-348 порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК-Н285 диаметром 3,6 мм. Хромомарганцовистый наплавленный металл со структурой метастабильного аустенита обеспечивает высокую износостойкость колес вследствие развития процесса самоупрочнения под воздействием наклепа.

Компания занимает активную общественную позицию, оказывая финансовую поддержку отечественному спорту, медицине и науке.

## ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» — стратегия развития

Производство порошковых проволок — одно из важных направлений в области сварочного производства Украины, которое сумело в годы независимости в значительной мере сохранить позиции на рынке в условиях жесточайшей конкуренции с ведущими зарубежными брендами. В этом немалая заслуга предприятия ООО «ТМ. ВЕЛТЕК», с продукцией которого хорошо знакомы потребители не только Украины, но и России, Молдовы, Узбекистана, Беларуси, Турции. В настоящее время ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» является ведущим производителем порошковых проволок в Украине, которые предназначены для сварки, наплавки и напыления. Номенклатура проволок включает свыше 80 марок диаметром от 1 до 6 мм, потребителями которых являются предприятия таких отраслей промышленности, как металлургическая, машиностроительная, горнодобывающая и другие. Редакция журнала «Автоматическая сварка» сочла полезным ознакомить читателей с достижениями ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» и особенностями работы этого предприятия. Ниже публикуется интервью с директором ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» Андреем Антоновичем Голякевичем.



Директор ООО «ТМ. ВЕЛТЕК»  
А.А. Голякевич

### **Андрей Антонович, известно, что Вы вышли из академической среды. Что послужило толчком к организации самостоятельной работы, т.е. к выбору «свободного плавания»?**

Здесь несколько причин. Накопленные в ИЭС им. Е.О. Патона опыт разработки порошковых проволок и организации их производства, а также опыт внедрения на предприятиях при решении конкретных производственных задач, ну и, конечно же, желание самореализации.

### **Как все начиналось? Какие первые шаги Вами и вашей командой были определены как главные?**

Первые шаги определялись обстоятельствами, сложившимися в начале 1990-х годов, связанные с разрывом торгово-экономических связей. В Украину прекратилась поставка из России металлической ленты для производства порошковых проволок. Поэтому было со-

здано российско-украинское СП — «ТМ. ВелдТек», позволившее наладить поставку в Украину ленты Липецкого металлургического комбината и, в то же время, обеспечить поставку производимых в Украине на Днепропетровском метизном производственном объединении (ДМППО) порошковых проволок на рынок СНГ. Это все происходило в условиях отсутствия собственных мощностей по производству проволоки. Командой, состоящей из специалистов ИЭС им. Е.О. Патона, была налажена поставка сырья на ДМППО, организована научно-экспериментальная разработка новых порошковых проволок под возникающие новые потребности предприятий, обеспечен маркетинг и инжиниринговое сопровождение продукции. Эта схема сотрудничества «ТМ. ВелдТек» и ДМППО оказалась достаточно эффективной, так как позволила сохранить производственную базу на ДМППО (к примеру, наш сосед — ДЭИЗСМ, имеющий на тот момент самые современные производственные мощности на постсоветском пространстве, прекратил свое существование), не потерять квалифицированные кадры, и, одновременно, осуществить модернизацию мощностей для повышения качества выпускаемой продукции.

### **Как далее развивалось предприятие?**

Преодолев первые трудности, стали ясны дальнейшие шаги по наращиванию объемов производства и номенклатуры с постоянным совершенствованием качества. Именно на этом этапе из совместного предприятия было выделено производственное отделение — ООО «ТМ. ВЕЛТЕК». Им были взяты мощности по производству порошковых проволок (включая весь цикл технологических операций) в аренду у ДМППО. Потенциал предприятия был усилен за счет притока молодых кадров, прошедших профессиональную подготовку под руководством опытных работников. Была налажена систематическая работа по изучению спроса на наплавочные и сварочные материалы на предприятиях ряда отраслей промышленности. Постоянное внимание уделялось вопросам модернизации технологического оборудования. Одновременно организовали работу по ревизии (модернизации) составов ранее выпускаемых проволок с учетом замечаний и новых требований потребителей.

### **В чем Вы видите сильные стороны Вашего предприятия?**

Частично это отражено в предыдущем ответе. Но главное — это наша команда, создавшая это предприятие. Мы все выходцы одного из научных подразделений ИЭС им. Е.О. Патона. Прошли просто фантастическую школу у академика И.К. Походни — жесткую, интересную и эффективную — в различных сферах производства порошковых проволок: научной, технологической, внедренческой. С другой стороны, у каждого из нас в новых условиях более акцентированно и эффективно проявились индивидуальные способности в различных секторах менеджмента. Это позволило гармонично и динамично развиваться нашему предприятию.



Заседание Правления. Слева направо: Л.Н. Орлов, В.Н. Упырь, А.А. Голякевич, С.П. Гиук



Волочильный цех



Продукция ООО «ТМ. ВЕЛТЕК»

### **Вами была проведена модернизация производства. Что это дало предприятию?**

Выполнена модернизация существующего оборудования практически на всех операционных участках производства. Дополнительно установлены: линия очистки ленты, два шестикратных стана, несколько единиц дробильного и размольного оборудования, печи для термообработки шихтовых материалов и готовой продукции и т.д. Проведение данных мероприятий позволило значительно расширить номенклатуру производимых проволок, увеличить производительность процесса изготовления и главное повысить качество продукции.

**Компания может производить до 5000 т порошковой проволоки в год. Реально в последние годы объем производства составляет 1000 т в год. Каковы перспективы увеличения объемов производства?**

В последние годы разработано много новых проволок для различных отраслей промышленности. Время прохождения от опытно-промышленных образцов до массового внедрения в производство, из нашей практики, занимает от трех до пяти лет. Исходя из наших мощностей, рассчитываем в ближайшие несколько лет нарастить объемы продаж до 3 тыс. т в год, если, конечно, будет благоприятная конъюнктура рынка.

### **В какие страны поставляется продукция и каковы перспективы расширения географии поставок?**

Наша продукция поставляется кроме Украины в Россию, Беларусь, Чехию, Турцию, Прибалтийские страны, страны Средней Азии и имеет неплохие перспективы для продвижения на рынки еще некоторых стран.

### **Относительно качества продукции. Внедрена ли система управления качеством на предприятии?**

С 2004 г. внедрена и успешно работает Система управления качеством, соответствующая требованиям ISO 9001: 2009, сертифицированная УкрСепро и Российским Морским регистром судоходства. Все основные виды проволок сертифицированы УкрСепро. Проволока марки ТМВ-7 сертифицирована (и уже на протяжении 15 лет сертификат подтверждается) Регистром Ллойда (Великобритания) и Российским Морским регистром судоходства. Реальным показателем качества изготавливаемой проволоки является низкая доля некондиционной продукции (порядка 0,8...0,9 %).

### **Какие дополнительные услуги оказывает компания?**

Порезка ленты, дробление и помол сырьевых материалов. С 2013 г. на предприятии введены в эксплуатацию участки наплавки и производства негабаритных металлоконструкций. В кооперации с партнерами разрабатывается и производится специализированное оборудование для наплавки.

### **Каковы сроки выполнения заказов?**

Это зависит от объема поставки и сложности изготовления продукции. Отгружаем от 5 кг до вагонов. За одну рабочую смену можем произвести до 7 т проволоки, одновременно до 5 марок, диаметром от 1 до 6 мм.

### **Каковы перспективы сотрудничества с ИЭС и другими научными центрами и перспективы выпуска более наукоемкой продукции?**

Мы уже достаточно продолжительное время плодотворно сотрудничаем с отделом № 18 ИЭС им. Е.О. Патона (причем получены конкретные результаты как в научной, так и в производственных сферах). Также эффективно сотрудничаем с Львовским физико-механическим институтом, Приазовским государственным техническим университетом, Днепропетровским университетом железнодорожного транспорта, Институтом сверхтвердых материалов НАН Украины. Поддерживаем контакты также с рядом зарубежных институтов. Полагаем, что дальнейшее расширение сотрудничества с ИЭС им. Е.О. Патона позволит повысить конкурентоспособность производимой ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» продукции за счет повышения ее качества, создания новых марок проволок, что в свою очередь обеспечит существенное увеличение объема производства, а также расширит рынки сбыта, в том числе в странах Европы и Евразийского союза.

Интервью записали:  
А. Зельниченко, В. Липодаев

# Наплавка порошковой проволокой опорных поверхностей машин непрерывного литья заготовок

Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, А. А. Голякевич, инж., ТМ «ВЕЛТЕК» (Киев), Д. П. Новикова, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона, А. Д. Панин, Ю. В. Окунев, инженеры, НКМЗ (Новокраматорск)

**О**порные поверхности сегментов машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) работают в атмосфере водяного пара, испытывают циклические нагрузки, вызванные прокаткой отливаемых и деформируемых заготовок. Для сохранения размеров между формирующими роликами необходимо исключить коррозию опорных поверхностей сегментов, что достигается нанесением на них коррозионностойкого слоя металла. В данном случае наиболее целесообразно применение дуговой наплавки плавящимся электродом.

Для обеспечения коррозионной стойкости содержание хрома в наплавленном металле должно быть не менее 11,5%. Учитывая условия работы опорных поверхностей рам сегментов МНЛЗ, наплавленный слой должен иметь твердость 250–300 НВ. Для изготовления рам обычно применяют прокат из низколегированной стали 17Г1С. Традиционно для этой цели используют наплавку покрытыми электродами УОНИ–13 НЖ. Однако этому способу наплавки присущи существенные недостатки:

- необходимые коррозионные свойства наплавленного металла обеспечиваются в третьем–четвертом слое;
- твердость наплавленного металла составляет 33–48 НRC<sub>3</sub>;
- высокое значение коэффициента использования покрытых электродов (K=1,7).

Из этого следует, что применение этих электродов ведет к неоправданно

высокому расходу дорогостоящего материала, кроме того, высокая твердость наплавки затрудняет проведение последующей механической обработки.

Цель работы заключалась в создании технологии экономной наплавки коррозионностойкого слоя на опорные поверхности сегментов МНЛЗ без последующей термообработки. Наиболее рациональным способом решения поставленной задачи являлась разработка порошковой проволоки ферритно–мартенситного класса для механизированной наплавки в среде защитных газов. В качестве наплавочного материала предпочтение было отдано газозащитной порошковой проволоке рутилового типа, обладающей хорошими технологическими свойствами (высокая стабильность процесса, хорошее формирование наплавленного металла, самопроизвольное отделение шлаковой корки), а также более высокими значениями выхода годного металла (1,15%). В качестве защитной среды был выбран углекислый газ.

Одной из проблем при наплавке высокохромистого металла является его склонность к образованию кристаллизационных трещин. В процессе разработки системы легирования сердечника порошковой проволоки было установлено, что при применении традиционного раскисления металла сварочной ванны кремнием и марганцем имели место горячие трещины в наплавленном металле. Для выяснения причин образования горячих трещин была избрана проба в виде пластины 300×300×30 мм с жесткостью, аналогичной жесткости наплавляемого изделия, так как пробы меньшей жесткости не воспроизводят условия кристаллизации металла валика (ТИХ, темп деформации и др.). После наплавки проб были вырезаны образцы наплавленного металла с трещинами и без них. Образцы были разрушены по наплавленному ме-

таллу для проведения фрактографического анализа поверхностей разрушения и горячих трещин. Шлифы готовили по стандартной методике. Для выявления структуры образцы травили электролитически в водном растворе щавелевой кислоты и в нитале. Структуру исследовали на оптическом микроскопе «Неофот–32». Твердость измеряли микротвердомером фирмы «Леко». Шлифы исследовали в полированном и травленном состоянии. Поверхность разрушений и шлифов изучали на рентгеновском микроанализаторе «Superprob–733» (JEOL, Япония). При сравнительных исследованиях образцов применены:

- съемка во вторичных электронах и в отраженных, чувствительных к среднему атомному номеру структурных составляющих материалов;
- съемка в характеристических излучениях элементов, присутствующих в стали, и распределения химических элементов вдоль линии через границы структурных составляющих (как более чувствительного метода выявления небольших изменений концентраций химических элементов);
- качественный рентгеновский микроанализ (позволяет выявить элементный состав материала и относительное содержание этих элементов).

Исследования показали, что трещины проходят как по ферритной, так и по мартенситной структурам (рис. 1). Горячие кристаллизационные трещины параллельны друг другу и осям дендритов, наблюдается «эстафетная передача» трещин от сульфида к сульфиду (рис. 2). На поверхности горячих трещин выявлены неоднородность распределения кремния, марганца и серы, высокая плотность распределения скопленных сульфидов марганца не глобулярной формы (рис. 3, а, б). Причиной образования горячих трещин в высокохроми-

Рис. 1. Структура наплавленного металла с горячими трещинами (×175)



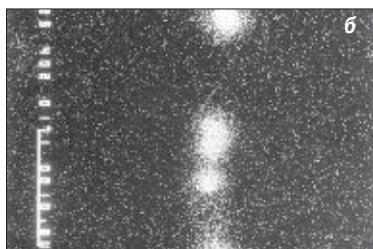


Рис. 2. Расположение сульфидов марганца в горячей трещине: а — внешний вид горячей трещины ( $\times 4000$ ); б — распределение серы ( $\times 4000$ ); в — распределение марганца ( $\times 4000$ )

## Наплавка порошковой проволокой опорных поверхностей машин непрерывного литья заготовок

стом металле, наплавленном порошковой проволокой с традиционной системой раскисления (Si-Mn), является ликвация серы и марганца, приводящая к образованию большой плотности сульфидов марганца. Применение комплексного раскисления Si-Mn-Al-Ti позволило получить наплавленный металл без кристаллизационных трещин как на образцах, так и на изделиях. В металле наблюдаются дисперсные, равномерно распределенные силикатные включения, встречаются глобулярные хромосиликатные и оксисульфидные включения. Отсутствуют цепочки и скопления неметаллических включений. Образование на стадии ванны дисперсных равномерно распределенных оксидов инициирует формирование оксисульфидов. В результате на последней стадии кристаллизации сварочной ванны не создаются условия для образования цепочек или

скопления сульфидов марганца. Структура наплавленного металла ферритно-мартенситная. При содержании хрома менее 12,5% преобладает мартенситная составляющая, при которой твердость наплавленного металла превышает 300 HV, а при содержании хрома более 14% увеличивается доля ферритной составляющей, при этом наблюдается снижение твердости менее 250 HV. Содержание в металле наплавки углерода 0,06–0,08% и хрома 13–14% обеспечивает образование ферритно-мартенситной структуры. При макротвердости наплавки 250–300 HV микротвердость феррита  $H_{\mu 50}$  180, а мартенсита  $H_{\mu 50}$  460.

Полученные результаты были реализованы при разработке газозащитной порошковой проволоки ПП-Нп-08Х14 диаметром 2,0 мм, технологии и техники наплавки опорных поверхностей сегментов МНЛЗ.

При наплавке деталей из стали 17Г1С для уменьшения влияния основного металла на химический состав наплавленного металла предусмотрено выполнение наплавки первого слоя на прямой полярности, а второго — на обратной. В результате оптимизации параметров процесса наплавки получено заданное проплавление основного металла и, как следствие, стабильные показатели химического состава и твердости наплавленного слоя. Процесс

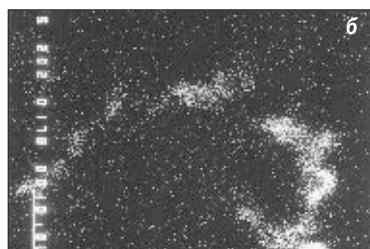


Рис. 3. Скопление сульфидов марганца на поверхности горячей трещины: а — распределение марганца ( $\times 2000$ ); б — распределение серы ( $\times 2000$ )

наплавки порошковой проволокой возможен в нижнем и вертикальном положениях. Он легко может быть освоен сварщиками на стандартных полуавтоматах.

Разработанная технология наплавки газозащитной порошковой проволокой ПП-Нп-08Х14 диаметром 2,0 мм реализована на Новокраматорском машиностроительном заводе при изготовлении сегментов МНЛЗ для металлургических предприятий «Ekostal» (Германия), «VAI» (Австрия), «LTV» (США), Новолипецкого металлургического комбината (Россия) и др.

■ #207



# Оптимизация технологии упрочняющей наплавки

**В. И. Титаренко**, ЧНПКФ «РЕММАШ» (Днепропетровск), **Л. Н. Орлов**, канд. техн. наук, **А. А. Голякевич**, **С. П. Гиук**, инженеры, ООО «ТМ ВЕЛТЕК» (Киев)

Эффективность применения твердосплавного покрытия обусловлена соответствием его химического состава и структурного состояния условиям эксплуатации. Авторами настоящей публикации приведены примеры применения новых наплавочных материалов с рациональным легированием для восстановления деталей машин, эксплуатируемых в различных условиях.

При выборе наплавочного материала, технологии нанесения упрочняющего покрытия следует руководствоваться следующими основными принципами:

- тип наплавленного металла должен наиболее точно отвечать условиям эксплуатации и характеру изнашивания детали;
- расход дорогостоящих наплавочных материалов должен быть минимальным с учетом величины и геометрии износа детали;
- способ и режимы наплавки должны быть выбраны с учетом обеспечения высокого качества, максимальной механизации и производительности процесса наплавки;
- применение подогрева и термической обработки наплавляемой детали на различных этапах технологического процесса должно быть экономичным.

**Колосники и звездочки одновалковой дробилки агломерата.** В один комплект дробилки входит 16 колосников массой

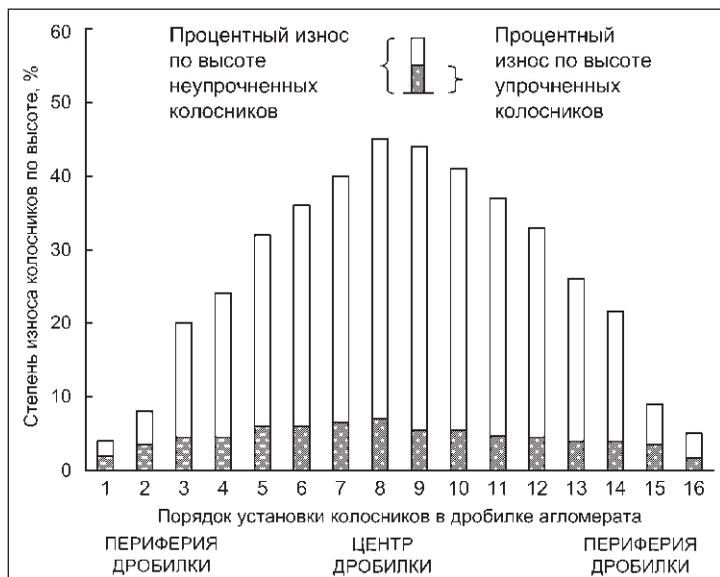
270 кг каждый и 15 звездочек массой 85 кг каждая, изготовленных из стали марок 35Л или 45Л. Колосники до внедрения новой технологии не упрочняли, а заменяли новыми. Поверхность звездочек восстанавливали механизированной наплавкой в один слой порошковой проволокой ПП-АН170 (Нп-80Х20РЗТ). Средний межремонтный период работы дробилки 1,5–2,0 мес. На момент замены износ колосников и звездочек, установленных на периферии дробилки, составлял 3–5% по высоте, а в центральной части дробилки — более 50%. Такой износ уже после месяца эксплуатации дробилки приводил к увеличению технологических зазоров между колосниками, колосниками и звездочками, что ухудшало качество помола агломерата.

Так как колосники и звездочки работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания при температуре 200–300 °С со средними и сильными ударами, то для их упрочнения была применена многослойная механизированная наплавка самозащитной порошковой проволокой диаметром 2,6 мм марки ВЕЛТЕК Н600 (система легирования С-Сг-Мо-В-В-Тi) постоянным током обратной полярности на режиме  $I_d=280...300$  А,  $U_d=26...28$  В. Наплавка обеспечивала высокую стойкость детали при повышенных температурах в сочетании с ударно-абразивным нагружением. Твердость наплавленного металла составляла 59–62 HRC<sub>3</sub>. Наплавленный металл обладает малой склонностью к растрескиванию, отсутствием сколов при сильных ударах. Количество слоев и толщину наплавки определяли дифференцированно в зависимости от степени износа каждого колосника и звездочки. Толщина наплавленного слоя составляла от 3 до 12 мм.

Периодический осмотр экспериментального комплекта показал следующую динамику износа колосников и звездочек в различных зонах дробилки (рис. 1):

- через 2 мес. — от 3% на периферии до 6% в центре;
- через 4 мес. — от 5% на периферии до 12% в центре;

Рис. 1. Диаграмма сравнительного износа упрочненных и неупрочненных колосников дробилки агломерата после двух месяцев эксплуатации дробилки



- через 6 мес. — от 8% на периферии до 25% в центре.

Таким образом, оптимизируя технологию упрочнения, удалось в три раза увеличить межремонтный период дробилки, повысить качество агломерата, сводя к минимуму затраты на упрочнение.

**Колеса грузоподъемных кранов.** Изнашивание крановых колес, изготовленных из сталей марок 45Л, 40Л, 60Л, 55Л, происходит от трения металла о металл при больших знакопеременных динамических нагрузках как по поверхности катания, так и по реборде. При этом износ поверхности катания колеса составляет в среднем 6–10 мм, а реборды — 15–25 мм, что в основном приводит к необходимости замены колеса через 1–3 мес.

Применяемая на большинстве предприятий технология восстановления колес кранов автоматической наплавкой проволокой Нп–30ХГСА под флюсом АН–348 с твердостью наплавленного металла 240–280 НВ малоэффективна, так как не позволяет обеспечить необходимые износостойкость и срок службы. Использование для наплавки проволоки сплошного сечения из хромомарганцовистой стали не нашло широкого применения из-за дефицита наплавочного материала, его высокой цены и большого расхода, а также высокой трудоемкости последующей механической обработки.

Разработана технология, при которой более интенсивно изнашиваемые реборды

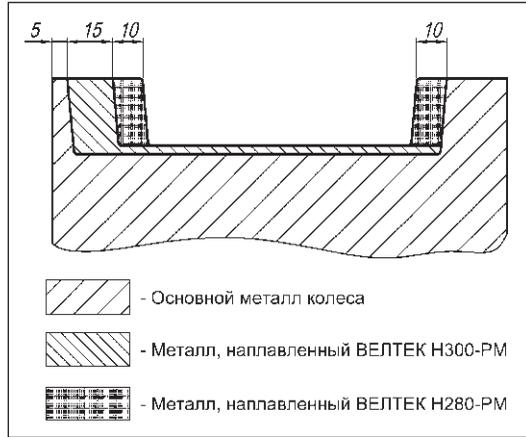


Рис. 2. Схема наплавки колес грузоподъемных кранов

наплавляли под флюсом АН–348 порошковой проволокой диаметром 3 мм марки ВЕЛТЕК Н280–РМ. Хромомарганцовистый наплавленный металл со структурой метастабильного аустенита обеспечивает высокую износостойкость вследствие развития самоупрочнения под воздействием наклепа, что проявляется в повышении твердости от 28–32 HRC<sub>3</sub> до 42–45 HRC<sub>3</sub>. Менее изнашиваемые поверхности катания наплавляли под флюсом АН–348 порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК Н300–РМ. Твердость наплавленного металла 300–350 НВ (рис. 2). Такая технология позволила повысить в два раза срок службы колес при увеличении затрат на материалы лишь на 70%, а трудоемкость механической обработки — на 35%. Новую технологию успешно применяют на ряде металлургических комбинатов. ● #293





УДК 621.791.75.042-492

## ПОРОШКОВЫЕ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ СВАРКИ И ЗАВАРКИ ДЕФЕКТОВ ЛИТЬЯ СТАЛИ 110Г13Л

**Л. Н. ОРЛОВ**, канд. техн. наук, **А. А. ГОЛЯКЕВИЧ**, инж. (ООО «ТМ. ВЕЛТЕК», г. Киев),  
**Д. П. НОВИКОВА**, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),  
**В. Н. ПЕЛЕСЬКО**, **В. В. СИМОНЕНКО**, инженеры (Криворож. центральный рудный завод)

Отмечена неудовлетворительная свариваемость стали 110Г13Л, усугубляемая ростом тепловложения. Описаны разработанные в различное время электроды для сварки стали Гадфильда и ее разнородных соединений. Дана характеристика разработанных ТМ.Велтек порошковых проволок Велтек-Н200у и Велтек-210у применительно к заварке литья стали 110Г13Л и сварке разнородных соединений этой стали со сталью 20ГСЛ.

*Ключевые слова:* дуговая сварка, сталь Гадфильда, разнородные соединения, свариваемость, порошковые проволоки

Высокомарганцовистая сталь 110Г13Л, благодаря высокой способности к деформационному упрочнению марганцовистого аустенита [1, 2], находит широкое применение для изготовления изделий, работающих под воздействием ударных, ударно-абразивных нагрузок и высоких удельных статических давлений. Сталь 110Г13Л обладает плохой свариваемостью в связи с развитием процессов разупрочнения, охрупчивания и образования горячих трещин в металле ЗТВ под влиянием термического

цикла сварки. При этом наблюдается перераспределение легирующих элементов в зоне сплавления, формирование хрупких прослоек и трансформация структуры мегалла ЗТВ, выпадение карбидов и легкоплавких эвтектик по границам зерен. Превышение оптимальных значений тепловложения приводит к увеличению толщины разупрочненного слоя металла ЗТВ, что создает трудности при заварке литейных дефектов, наплавке изношенных поверхностей и сварке соединений из разнородных сталей (110Г13Л + 35ГЛ, 110Г13Л + 20ГСЛ). При определенных концентрациях углерода и марганца особенности протекания диффузионных процессов в высокомарганцовистых сталях проявляются в нестабильности аустенита, выпадении по гра-

© Л. Н. Орлов, А. А. Голякевич, Д. П. Новикова, В. Н. Пелешко, В. В. Симоненко, 2004

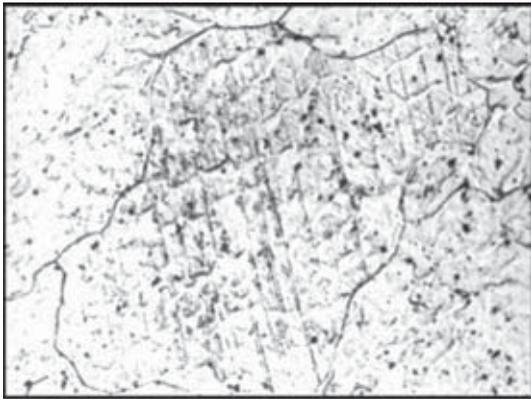


Рис. 1. Микроструктура металла шва, выполненного порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н220у,  $\times 320$

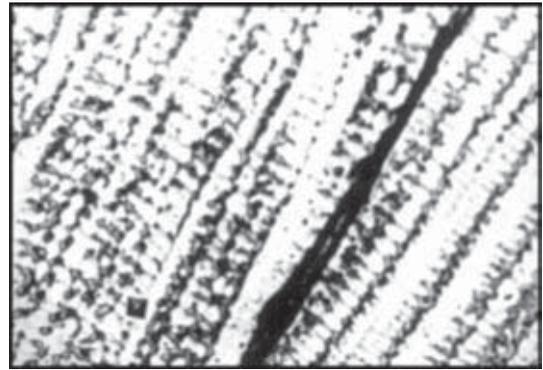


Рис. 2. Подсолидная горячая трещина в металле шва с системой легирования Fe-Mn-Cr

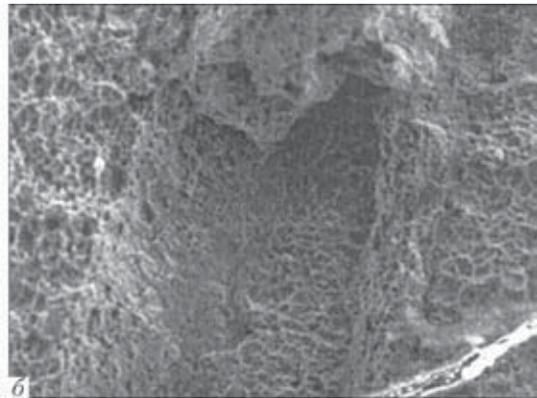
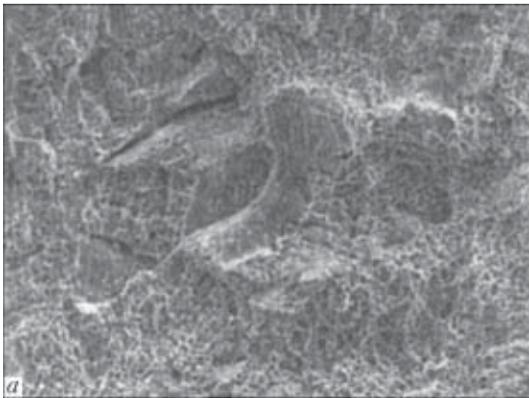


Рис. 3. Поверхность разрушения образцов при температуре испытания  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  на разрыв (а),  $\times 320$  и ударный изгиб (б),  $\times 400$

ницам зерен карбидов и формировании трехфазной структуры ( $\gamma + \alpha + \epsilon$ ) [1–6]. Карбидная фаза характеризуется как отдельными дисперсными выделениями, так и сплошными прослойками по границам зерен с различным содержанием легирующих элементов и их соотношением [1, 2, 7, 8].

В настоящее время существует гамма сварочных материалов для сварки и заварки дефектов литья стали 110Г13Л, а также сварки ее с перлитными сталями 20ГЛ и 35ГЛ [8–10]. Для сварки ответственных изделий рекомендуется применение дорогостоящих низкоуглеродистых электродов с системами легирования на базе Fe-Cr-Ni (ОЗЛ-6, НИИ48Г), Fe-Cr-Mn-Ni (АНВ-27), Fe-Cr-Mn (АНВМ-2). В последние годы разработаны экономолегированные высокомарганцевые электроды (АНВМ-1) [6, 10, 11].

Предприятием ТМ.ВЕЛТЕК выполнен комплекс работ по созданию экономолегированных порошковых проволок для механизированной заварки дефектов литья высокомарганцевистых сталей и сварки их с перлитными сталями. В процессе разработки реализованы последние достижения в области металлургии производства и сварки высокомарганцевистой стали. Особое внимание уделено снижению содержания и нейтрализации вредных примесей (S, P, O) в металле сварного шва. Реализация комплексного раскисления металла на стадии капли и ванны предупреждает образование по границам зерен легкоплавких эвтектик и железомарганцевых оксидных пленок  $(\text{MnO})_m (\text{FeO})_n$  [2]. Для заварки дефектов литья стали 110Г13Л разработана самозащитная порошковая проволока марки ВЕЛТЕК-Н220у  $\varnothing 2,0...2,4$  мм, обеспечивающая получение высокомарганцевистого наплавленного металла с высокой стабильностью аустенита. Применение активных десульфураторов в сочетании с основным шлаком обеспечивает достаточно низкое содержание вредных примесей ( $S \leq 0,01\%$  и  $P \leq 0,016\%$ ) в наплавленном металле. Комплексное легирование марганцем, титаном, ванадием, молибденом и другими легирующими элементами позволяет реализовать структуру аустенита, упрочненную дисперсными карбидами [1, 5]. В теле зерна наблюдается сетка полигонизационных границ (рис. 1). Глобулярные неметаллические включения диаметром  $0,5...2,0$  мкм равномерно распределены в металле и представляют собой сложные окисульфиды. Металл сварного шва обладает приемлемыми механическими свойствами:  $\sigma_b = 680...800$  МПа,  $\sigma_f$

$400...500$  МПа,  $\delta = 24...30\%$ ,  $KCV = 100...130$  Дж/см<sup>2</sup> при  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Заварка дефектов литья стали 110Г13Л реализована с применением стандартной технологии.

Применительно к сварке разнородных сталей (110Г13Л + 35Л), (110Г13Л + 20ГСЛ) разработана самозащитная порошковая проволока ВЕЛТЕК-210у  $\varnothing 2,4...2,6$  мм с системой легирования Fe-Cr-Mn. Для получения устойчивой аустенитной структуры оптимизировано содержание марганца, хрома, углерода и азота [12]. В металле зоны сплавления и сварного шва не обнаружены обособленные крупные карбиды, цепочки или прослойки карбидов по границам зерен, дисперсные карбиды и карбонитриды равномерно распределены в теле зерна и по границам зерен. При повышенном тепловложении возможно образование подсолидных горячих трещин (рис. 2). Механические свойства металла шва:  $\sigma_b = 680...800$  МПа,  $\sigma_f$

$500...600$  МПа,  $\delta = 28...36\%$ ,  $KCV = 120...150$  Дж/см<sup>2</sup> при  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В зоне сплавления с перлитной сталью хрупкие прослойки не обнаружены. Фрактографический анализ изломов образцов металла швов, выполненных порошковыми проволоками ВЕЛТЕК-210у и ВЕЛТЕК-220у, показал, что в обоих случаях характерно вязкое разрушение по механизму слияния пор независимо от вида испытания (рис. 3, а, б).

Новые порошковые проволоки имеют хорошие сварочно-технологические характеристики: стабильное горение дуги, незначительное разбрызгивание электродного металла, легкую отделимость шлаковой корки даже в глубокой разделке кромок, хороший внешний вид поверхности шва. По сравнению с аналогами на 30 % ниже содержание оксидов марганца в сварочном аэрозоле. Коэффициент использования проволоки находится в пределах  $K_{ip} = 1,15...1,2$ . В процессе контроля качества сварных соединений дефекты в виде пористости и трещин в наплавленном металле и сварном соединении не обнаружены. Порошковые проволоки ВЕЛТЕК-210Г и ВЕЛТЕК-Н220Г успешно применяются на Криворожском центральном рудном заводе (г. Кривой Рог) при производстве ответственных конструкций.

1. Гудремон Э. Специальные стали. — М.: ГНТИ литературы по черной металлургии, 1959. — Т.1, 962 с.



2. *Житнов С. В., Давыдов Н. Г., Братчиков С. Г.* Высокомарганцовистые стали. — М.: Металлургия, 1995. — 302 с.
3. *Морозовская Е. Н.* Структура околошовной зоны при наплавке на сталь Г13Л // Автомат. сварка. — 1967. — № 7. — С. 57–59.
4. *Готальский Ю. Н.* К проблеме сварки разнородных сталей в конструкциях, длительно работающих при высокой температуре // Там же. — 1964. — № 12. — С. 38–45.
5. *Кондратьев С. Е., Касаткин О. Г.* Разрушение литой марганцовистой стали. — Киев: Наук. думка, 1987. — 148 с.
6. *Новые материалы для сварки сталей 110Г13Л и 30Г* / В. Н. Липодаев, Н. И. Каховский, В. С. Фельдман и др. // Автомат. сварка. — 1977. — № 9. — С. 71–73.
7. *Малинов Л. С., Харланова Е. Я.* Влияние легирования и предварительной деформации на фазовый состав и механические свойства сплавов Fe-Mn // Металлы. — 1981. — № 6. — С. 141–147.
8. *Березовский А. В., Бармин Л. Н., Шумяков В. И.* Влияние состава электродного материала на свойства сварных соединений стали 110Г13Л // Свароч. пр-во. — 1987. — № 7. — С. 26–27.
9. *Новые электроды для сварки и наплавки стали 110Г13Л* / В. В. Снисарь, Э. Л. Демченко, О. И. Бреднев и др. // Автомат. сварка. — 2000. — № 5. — С. 47–49.
10. *Сварочные материалы для сварки сталей и чугуна (электроды, флюсы и проволоки)* / В. Н. Горпенюк, П. В. Игнатченко, С. С. Меличенко и др.: Справочник. — Киев, 1994. — 622 с.
11. *Чейлях А. П., Малинов Л. С.* Свойства и превращения в хромомарганцевых коррозионно-стойких сталях // Металловед. и термическая обработка матер. — 1994. — № 2. — С. 28–32.
12. *Разиков М. И., Кочева Г. Н., Толстых Л. Г.* Структурная диаграмма металла шва на хромомарганцовистых сталях // Автомат. сварка. — 1968. — № 4. — С. 1–5.

Poor weldability of steel 110G13L, caused by a growth in heat input, is outlined. Electrodes, developed at different periods of time for welding Hadfield steel and its dissimilar joints, are described. Characteristic of developed TM Weltech flux-cored wires Weltech-H200U and Weltech-210U relative to welding-up of 110G13L steel castings and welding of dissimilar joints of this steel with steel 20GSL is given.

Поступила в редакцию 23.07.2003



И. А. Рябцев

# Дуговая наплавка самозащитной порошковой проволокой в ОАО «ДМК»

*В. И. Титаренко, ЧНПКФ «РЕММАШ» (Днепропетровск), А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев), Ю. М. Гитин, ДМК им. Дзержинского (Днепродзержинск)*

Самозащитная порошковая проволока имеет ряд преимуществ перед другими наплавочными материалами: нет необходимости в дополнительной защите в виде флюса или газа, реализация процесса наплавки проволокой малого диаметра более технологична, что в ряде случаев расширяет технологические возможности восстановительной наплавки внутренних и наружных поверхностей цилиндрических деталей малого диаметра, есть возможность визуального контроля за процессом наплавки. Самозащитную порошковую проволоку легко адаптировать к применяемому на предприятиях оборудованию, поэтому не требуются дополнительные финансовые вложения на приобретение специализированного оборудования.

В связи с ограниченностью оборотных фондов перед ремонтными службами стоит задача поддержания работоспособности оборудования при минимальных затратах. Решению этой задачи способствует применение для дуговой наплавки взамен покрытых электродов самозащитной порошковой проволоки.

В ОАО «ДМК» (Днепродзержинск) было предложено выполнить восстановительную наплавку роликов МНЛЗ самозащитной

порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н470С диаметром 2,4 мм с системой легирования С–Si–Mn–Cr–Ni–Mo–V–Nb. Ролики МНЛЗ изготовлены из стали 40Х и представляют собой полую деталь диаметром 140 мм и менее. Наплавку под флюсом и в защитном газе нельзя было применить из-за отсутствия соответствующей комплектации на имеющейся наплавочной установке МКПН–2, модернизированной под наплавку самозащитной порошковой проволокой. Наплавку выполняли в два слоя на режиме:  $I_{св}=240-260$  А,  $U_{д}=28$  В,  $V_{св}=30-34$  м/ч. Выбор наплавочного материала основан на имеющемся девятилетнем положительном опыте применения на ММК им. Ильича (Мариуполь) порошковой проволоки ВЕЛТЕК–Н470 с аналогичной системой легирования для наплавки роликов МНЛЗ под флюсом АН–20С. Сопоставительные испытания с зарубежными аналогами, проведенные на НКМЗ (Краматорск) показали, что по техническим характеристикам наплавленного металла (структурное состояние, твердость, теплостойкость, разгаростойкость, износостойкость) ВЕЛТЕК–Н470 не уступает проволокам ОК 15.73 (ESAB), 4142MM–S HC (Welding Alloys). Эксплуатация опытной партии валков, наплавленных проволокой ВЕЛТЕК–Н470 диаметром 2,4 мм на предприятии «Северсталь» (Череповец), показала, что ресурс роликов находится на уровне зарубежных аналогов. Срок службы роликов, наплавленных самозащитной проволокой в ОАО «ДМК» (рисунки), увеличился в четыре раза.

Самозащитную порошковую проволоку ВЕЛТЕК–Н250PM диаметром 1,6–3,0 мм успешно применяют при восстановлении подушек прокатных клетей и ножниц, шпинделей и муфт приводов прокатных валков, звездочек, втулок, валов, ступиц, и др. По своим характеристикам она не уступает известной порошковой проволоке UTP DUR 250–FD (Bohler).

Взамен наплавки электродами Т–590 и Т–620 предложена механизированная на-



Рисунок. Фрагмент ролика МНЛЗ диаметром 140 мм, наплавленный порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н470С

плавка самозащитной порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н480С диаметром 2,0 мм с системой легирования С-Сг-W-Mo-V-Ti кернов клещевых кранов и губок стрипперного крана. Данные детали в процессе эксплуатации испытывают ударные и сжимающие нагрузки в условиях высоких температур. Керны контактируют с металлом, разогрев до 800–1250 °С, и подвергаются периодическому охлаждению в баках с водой. Металл, наплавленный проволокой диаметром 2,4 мм, имеет твердость после наплавки 50–54 HRC<sub>3</sub>, горячую твердость 40–44 HRC<sub>3</sub> при 600 °С и высокую стойкость к трещинообразованию (100 термоциклов до появления первой трещины). Наплавку выполняли полуавтоматом ПДО-517 с источником питания ВДУ506 на режиме I<sub>св</sub>=240...260 А, U<sub>д</sub>=24...26 В. На специальной установке, разработанной и изготовленной ЧНПКФ «РЕММАШ», можно устанавливать под наплавку одновременно 30 заготовок кернов. Время наплавки одного керна составляет 1,5–2,0 мин. Применение механизированной наплавки проволокой ВЕЛТЕК-Н480С позволило повысить эффективность использования наплавочного материала, снизить затраты на ремонт и повысить срок службы кернов в 4–5 раз.

Для наплавки деталей, подвергающихся абразивному износу в сочетании с умеренными ударами, традиционно используют порошковую проволоку ПП-АН170 и электроды Т620. Наплавку выполняют 1–2 слоями. При выполнении многослойной наплавки (более двух слоев) проявляется склонность к трещинообразованию и сколам. В то же время для восстановления отдельных деталей необходима многослойная наплавка 4–5 слоями с целью по-

вышения межремонтного ресурса детали. Для решения данной задачи предложены самозащитные порошковые проволоки ВЕЛТЕК-Н600 (С-Сг-Mo-V-Nb-Ti-B), ВЕЛТЕК-Н620 (С-Сг-Mo-V-Ti-B), которые позволяют выполнять многослойные наплавки до пяти слоев без образования трещин, обеспечивают твердость наплавленного металла 56–63 HRC<sub>3</sub>. Наплавленный металл обладает хорошей износостойкостью при повышенных температурах до 600 °С. Износостойкость рабочего слоя детали повысилась на 30–50% по сравнению с износостойкостью при применении проволоки ПП-АН170. Проволоки выпускают диаметром от 2 до 5 мм. С помощью механизированной и автоматизированной наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н600 диаметром 3,0 мм была восстановлена поверхность большого конуса доменной печи, достигнуто значительное повышение износостойкости по сравнению с износостойкостью при применении электродов Т590, а также в два раза сокращено время ремонта. При автоматической наплавке малого конуса порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н620 диаметром 4,0 мм получена более высокая износостойкость по сравнению с наплавкой лентой ПЛ-АН101. Эти проволоки успешно применяли при упрочняющей наплавке зубьев ковшей экскаваторов, ножей бульдозеров, челюстей грейфера.

Порошковую проволоку изготавливают серийно согласно ГОСТ 26101–84 и действующей нормативно-технической документации, продукция сертифицирована УкрСЕПРО. ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» 12.04.2004 г. получил сертификат на систему управления качеством продукции согласно ДСТУ ISO 9001–2001. ● #551





## ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ СВАРКИ В СУДОСТРОЕНИИ

Л. Н. ОРЛОВ, канд. техн. наук, А. А. ГОЛЯКЕВИЧ, В. Н. УПЫРЬ, С. П. ГИЮК, инженеры (ООО «ТМ. ВЕЛТЕК», г. Киев)

Описана самозащитная порошковая проволока для широкого использования в судостроении. Приведены химический состав и механические свойства наплавленного металла, а также условия поставки проволоки.

*Ключевые слова: дуговая сварка, порошковая проволока, судостроение, условия поставки*

Анализ состояния сварки в мировом судостроении показал устойчивый и динамичный рост применения механизированной и автоматизированной сварки порошковой проволокой. Верфи крупнейших судостроительных компаний Японии, Южной Кореи, Финляндии около 80 % всего объема сварочных работ выполняют газозащитными порошковыми проволоками малого диаметра (1,0...1,2 мм). Преимуществами применения порошковой проволоки являются высокая производительность работ, товарный внешний вид шва и высокие сварочно-технологические характеристики; упрощение техники сварки в различных пространственных положениях и легкость ее освоения; возможность обеспечения необходимых механических свойств. Эффективность применения порошковых проволок необходимо

оценивать не по отдельным этапам, а по повышению общей производительности технологического процесса изготовления металлоконструкций. В судостроении стран СНГ преобладает ручная сварка покрытыми электродами и механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения. В последние годы наблюдается заметный рост использования импортных порошковых проволок малого диаметра. Последнее связано прежде всего с отсутствием эквивалентного отечественного аналога, а также наличия ряда факторов, затрудняющих применение порошковых проволок отечественного производства. Среди них отсутствие надежного специализированного сварочного оборудования; вероятность появления пористости; проблема подаваемости по шлангам; повышенное выделение сварочного аэрозоля; недостаточные механические свойства сварных швов. В последние годы в судостроении России и



**Таблица 1. Режимы сварки проволоки ППС-ТМВ7 при выполнении угловых и стыковых швов (защитный газ  $\text{CO}_2$  или смесь  $82\text{Ar} + 18\text{CO}_2$ )**

Пространственное положение	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Производительность наплавки, кг/ч
Нижнее	260...350	28...32	690...960	4,5...6,1
Горизонтальное	160...250	23...26	270...650	2,0...3,9

Примечание. Коэффициент использования проволоки равен 1,15.

Украины сварочные технологии подвергаются пересмотру: наблюдается заметный рост применения газозащитных порошковых проволок взамен покрытых электродов и проволоки сплошного сечения марки Св-08Г2С. Потребность судостроения удовлетворяется путем импорта порошковых проволок ведущих мировых производителей: ESAB (Швеция), «Welding Alloys» (Англия), «Filarcs» (Нидерланды), «Kobeko» (Япония), «Hyundai» (Южная Корея) и др. В то же время производственные мощности отечественных предприятий-производителей порошковых проволок позволяют полностью удовлетворить потребности отечественного судостроения в порошковой проволоке малого диаметра (1,2 мм).

Задачи по созданию порошковой проволоки, не уступающей по техническим характеристикам лучшим зарубежным образцам, и обеспечению отечественного судостроения газозащитными порошковыми проволоками малого диаметра, решены одним из ведущих производителей порошковых проволок в Украине ООО «ТМ. ВЕЛТЕК». В 1994–1996 гг. выполнен комплекс НИР, позволивший разработать и освоить производство газозащитной порошковой проволоки нового поколения марки ППС-ТМВ7 диаметром 1,0...2,5 мм ТУУ 19369185.008–96. Порошковая проволока ППС-ТМВ7 и ее производство одобрены Российским морским регистром судоходства (RMРС) и Lloyds register.

При разработке композиции проволоки реализованы последние достижения в области металлургии дуговой сварки. Быстрозатвердевающий рутиловый шлак повышенной основности позволяет выполнять сварку во всех пространственных положениях. Система легирования обеспечивает механические свойства наплавленного металла, соответствующие типу Е7Т1 по стандарту AWS А5.20-95. Особенно эффективно применение ППС-ТМВ7 при сварке

**Таблица 2. Механические свойства наплавленного металла при температуре испытаний  $-20^\circ\text{C}$**

Показатель	Механические свойства			
	$\sigma_b$ , МПа, не менее	$\sigma_t$ , МПа, не менее	$\delta$ , %	$KCV_{1,2}$ Дж/см
Требования ТУ	490...600	375	22,0	47
Результаты испытаний	560...620	440...500	23...25	80

угловых и стыковых швов в вертикальном, горизонтальном и потолочном положениях с защитой  $\text{CO}_2$  или смесью  $82\text{Ar} + 18\text{CO}_2$ . При этом производительность наплавки достигает 3,5 кг/ч (табл. 1).

Использование данной порошковой проволоки высокоэффективно при выполнении корневого прохода стыковых соединений во всех пространственных положениях с применением керамических подкладок. Типичный химический состав наплавленного металла имеет следующее содержание, мас. %: 0,05 углерода; 0,35 кремния; 1,45 марганца; 0,015 серы; 0,015 фосфора. Реализация газшлаковой защиты сварочной ванны сводит к минимуму чувствительность к пористости от грунтов. Комплексное легирование металла шва в сочетании с низким содержанием вредных примесей обеспечивает требуемые прочностные и пластические свойства при высоком уровне ударной вязкости металла шва (табл. 2).

Усовершенствованная технология изготовления обеспечивает стабильное качество порошковой проволоки. Она легко адаптируется к любым типам полуавтоматов для механизированной сварки в защитном газе, характеризуется легкой подаваемостью по шлангам полуавтоматов. Порошковая проволока ППС-ТМВ7 сертифицирована УкрСЕПРО. Испытания выпускаемой продукции контролируются системой качества TÜF на ОАО «Днепромтиз». Поставка проволоки осуществляется в мотках в прокаленном состоянии, в стандартных кассетах К200 и К300 в полной готовности к применению. Проволока пакуется в металлические барабаны массой 50...70 кг по ГОСТ 26101–84. По согласованию с потребителем она может паковаться в картонные коробки по одному мотку или кассете с предварительной упаковкой в полиэтиленовый пакет.

ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» производит поставку порошковой проволоки на условиях: франко-перевозчик FCA или через своих дилеров в Российской Федерации.

Self-shielded flux-cored wire for a wide application in shipbuilding is described. Composition and mechanical properties of the deposited metal, as well as delivery conditions are given.

Поступила в редакцию 30.12.2004

# Применение порошковой проволоки для сварки и наплавки в ЗАО «Криворожский завод горного оборудования»

В. Н. Никишин, В. Н. Пелешко, ЗАО «КЗГО» (Кривой Рог),

А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев)

Сегодня ЗАО «Криворожский завод горного оборудования» — передовое машиностроительное предприятие в Украине по производству и ремонту горного оборудования, где большой объем работ выполняют с применением дуговой сварки и наплавки. Необходимость сварки малоуглеродистых низколегированных, низколегированных высокопрочных, высокомарганцовистых и теплоустойчивых сталей, выполнения сварных соединений разнородных сталей, сварки литых сталей и исправления дефектов литья обуславливает широкую номенклатуру сварочных и наплавочных материалов. Особые требования к качеству крупногабаритных изделий определяют задачи повышения качества выполняемых работ при снижении материальных, энергетических и трудовых затрат. Решению этих задач в полной мере способствует применение порошковой проволоки.

В течение последних пяти лет ЗАО «КЗГО» совместно с ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» проводит комплекс работ по увеличению объемов применения дуговой сварки и наплавки порошковой проволокой. В результате этих работ разработана и внедрена гамма порошковой проволоки различного назначения, и в общем объеме применяемых материалов для сварки и наплавки доля порошковой проволоки увеличилась с 15 до 85%. При этом за счет повышения производительности и качества труда, по сравнению с производительностью и качеством при использовании покрытых элект-

родов, повысилась эффективность этих процессов. Сократился объем работ по повторному контролю качества. В значительной мере снизилось традиционное недоверие к порошковым проволокам с точки зрения качества сварных соединений и упрочняющих покрытий.

Приведем некоторые примеры применения порошковой проволоки предприятием ООО «ТМ.ВЕЛТЕК».

Выполнена сварка чаши конусной дробилки ККД-1500 (рисунк). Чашу массой 50 т из стали 35Л собирают из двух частей (верхней и нижней), которые сваривают между собой. Горизонтальный монтажный стык диаметров 2980 мм выполнен с двухсторонней чашеобразной разделкой кромок при толщине металла 180 мм. Сварку выполняли порошковой проволокой марки ППС-ТМВ29 диаметром 1,6 мм на постоянном токе обратной полярности с защитой углекислым газом (16–18 л/ч). Режим сварки заполняющего слоя —  $I_{св}=280...300$  А,  $U_{д}=28...19$  В; облицовочного —  $I_{св}=180...200$  А,  $U_{д}=25...26$  В.

Для сварки применяли полуавтоматы ПДГ516 с источником питания ВДУ506.

Порошковая проволока ППС-ТМВ29 с сердечником рутил-флюоритного типа обладает хорошими сварочно-технологическими характеристиками, обеспечивает самопроизвольное отделение шлаковой корки в глубоких разделках, низкое содержание водорода в наплавленном металле ( $5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ ), высокие механические свойства металла шва ( $\sigma_{в} \geq 560$  МПа,  $\sigma_{т} \geq 440$  МПа,  $\delta \geq 22\%$ ,  $a_{н} \geq 60$  Дж/см<sup>2</sup> при минус 30 °С). Прихватки в процессе сборки выполняли электродами УОНИ-13/55 диаметром 4,0 мм. Для снижения уровня деформаций свариваемый шов был разбит на восемь секторов, в которых одновременно четыре сварщика выполняли заполнение разделки обратно-ступенчатым методом. Каждый проход подвергали проковке

Рисунок.  
Сварка чаши  
мельницы



по горячему пневмоинструментом. Предварительный и сопутствующий подогревы выполняли четырьмя газовоздушными горелками. Температуру подогрева поддерживали в пределах 200–250 °С. Чашу сразу после сварки подвергли отпуску в печи при 560–600 °С. Выдержку определяли из расчета 3 мин на 1 мм толщины свариваемого металла. Остывание в печи проводили со скоростью 50 °С/ч до 100 °С с дальнейшим остыванием на воздухе.

Контроль качества сварного соединения, выполненный визуально, а также с помощью ультразвукового и капиллярного методов, показал отсутствие дефектов.

Сварку деталей агломерационного и обогащительного оборудования, горнодобывающей техники из сталей СтЗпс, 09Г2С, а также заварку деталей литья из сталей 20Л, 35Л выполняют газозащитной порошковой проволокой ППС–ТМВ5, ПП–АН8, ППС–ТМВ8, ППС–ТМВ29, узлов из низколегированных высокопрочных сталей 12Х2НМСА, 12Х2НВСА — проволокой ПП–АН57. Для заварки дефектов литья сталей 20Л, 35Л наиболее эффективно применение металlopорошковой проволоки ППС–ТМВ5. Малое количество шлака (4–5%) не требует затрат для его удаления в процессе заварки глубоких разделок, высокий коэффициент использования проволоки ( $K=1,06$ ), высокая стойкость против образования пор и трещин определяют

преимущество данной проволоки перед другими сварочными материалами.

Для сварки деталей и заварки дефектов литья из теплостойких Ст–Мо сталей 15ХМ, 12ХМ, 20ХМЛ, 35ХМЛ применяют газозащитную порошковую проволоку ППС–ТМВ14 диаметром 1,6 мм с сердечником карбонатно-флюоритного типа.

Заварку дефектов литья высокомарганцовистых сталей 110Г13Л выполняют самозащитной порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н220 диаметром 2,0 мм.

В результате наплавки упрочняющих слоев на засовах днищ, козырьках экскаваторов, ножах грейдеров, бульдозеров самозащитной порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н620 диаметром 2,0–2,6 мм (взамен электродов Т590, Т620 и порошковой проволоки ПП–АН125) работоспособность рабочих органов повышена на 30–50%.

Для восстановительной наплавки плунжеров гидропрессов, защитных втулок грунтовых насосов по перекачке пульпы применяют порошковую проволоку ВЕЛТЕК–Н410 диаметром 2,6–3,0 мм под флюсами АН348, АН20 и Н26. В данном случае с заказчиком согласовывают исполнение проволоки. Процесс наплавки этой проволокой характеризует самопроизвольное отделение шлаковой корки, отсутствие пор и трещин, получение стабильного химического состава и стабильной твердости наплавленного металла.

● #577



# Дуговая наплавка деталей металлургического оборудования

*В. И. Титаренко, ЧНПКФ «РЕММАШ» (Днепропетровск), А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев), Ю. М. Гитин, В. В. Мосытан, ОАО «ДМК им. Дзержинского» (Днепродзержинск), М. А. Бабенко, А. Г. Горяной, КГМК «Криворожсталь» (Кривой Рог), Г. В. Хоменко, ОАО «Запорожсталь» (Запорожье)*

От надежности прокатных валков, износостойкости их рабочей поверхности, межремонтного срока службы зависят технико-экономические показатели работы прокатных цехов и в первую очередь производительность прокатных станков, качество готового проката. Рабочая поверхность валка подвергается циклическому механическому и тепловому воздействию. По мере эксплуатации на рабочую поверхность валков налипают металлы, она неравномерно изнашивается и образуются трещины разгара. Для ремонта стальных валков применяют восстановительно-упрочняющую наплавку сплошной и порошковой проволокой, при этом один комплект валков восстанавливается в среднем от 5 до 10 раз.

Для наплавки валков горячей прокатки в ОАО «ДМКД» и на других комбинатах традиционно используют наплавочные проволоки Нп-30ХГСА, ПП-Нп-35В9ХЗСФ, ПП-Нп-25Х5ФМС, ПП-Нп-30Х4В2М2ФС. Предприятия ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» и ЧНПКФ «РЕММАШ» совместно с металлургическими комбинатами Украины (ОАО «ДМКД», ОАО «КГМК «Криворожсталь», ОАО «Запорожсталь») выполнили комплекс работ по совершенствованию наплавочных материалов, технологии и оборудования для наплавки прокатных валков с целью увеличения межремонтных периодов работы прокатных станков, повышения качества проката, сокращения трудоемкости наплавки.

Анализ литературных данных о работоспособности наплавленных прокатных валков показал, что возможности систем легирования С-Si-Mn-Cr-Mo-V и С-Si-Mn-Cr-W-V в полной мере не реализованы. В процессе работы валка под воздействием высоких температур наблюдается коагуляция и укрупнение карбидов по границам зерен, их последующее выкрашивание и развитие трещин разгара. Для снижения развития этих процессов было изменено структурное состояние зерен и их границ, повышена дисперсность карбидов и равномерность их распределения в

теле зерна. Результаты исследований реализованы при выборе систем легирования новых порошковых проволок. Эти проволоки обеспечивают легкую отделимость шлаковой корки, высокую стойкость наплавленного металла против образования пор и трещин.

Для упрочняющего восстановления валков клетки стана «500» железопрокатного цеха в ОАО «ДМКД» была применена порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н500РМ. Технология восстановительно-упрочняющей наплавки заключалась в следующем. Изношенные калибры валков механически обрабатывали под наплавку на вальцетокарных станках с целью удаления металла, покрытого окалиной, наплывами и частично с сеткой трещин. Глубину расточки калибров при механической обработке выбирали с учетом подслоя толщиной 5–20 мм, выполненного проволокой Нп-30ХГСА, и упрочняющего слоя толщиной 6–10 мм, наплавленного проволокой ВЕЛТЕК-Н500РМ. В процессе подготовки валка под наплавку производили заварку глубоких разделок, образовавшихся в результате удаления радиальных трещин. Эту заварку, а также наплавку подслоя выполняли проволокой Нп-30ХГСА диаметром 5 мм под флюсом АН-348-А. Температуру предварительного подогрева валка поддерживали в пределах 300–350 °С. Наплавку упрочняющего слоя выполняли порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н500РМ диаметром 3,6 мм под флюсом АН-348-А на режиме  $I_{св}=400...450$  А;  $U_{д}=30...32$  В. После наплавки рекомендовано замедленное охлаждение. Механическая обработка наплавленных калибров не вызвала особых затруднений. Увеличение трудоемкости механической обработки составляло 10–15%. Испытания упрочненных прокатных валков на стане «500» показали, что ресурс валков после упрочнения увеличился более чем в два раза.

Для упрочняющей наплавки вертикальных стенок калибров прокатных валков клетки стана «900» ТЗС на ОАО «ДМКД» применяли проволоку ВЕЛТЕК–Н370РМ. Технология наплавки этих валков аналогична описанной технологии, исключили лишь предварительный подогрев. Достигнуто увеличение количества прокатываемого металла на одной паре валков от ремонта до ремонта с 18–20 до 45–50 тыс. т.

Валки горячей прокатки стана НЗС–730 цеха «Блюминг–1» ОАО КГМК «Криворожсталь», изготавливаемые из стали 50, до последнего времени упрочняли с использованием стандартной порошковой проволоки ПП–Нп–35В9Х3СФ. Однако в процессе прокатки на поверхности таких валков образовывались так называемые шипы высотой до 2 мм. Это приводило к необходимости остановки процесса прокатки и применения трудоемкой зачистки калибров. В противном случае валки с шипами наносили дефектный рисунок на поверхность прокатываемого металла. После прокатки 50–60 тыс. т металла на поверхности калибров образовалась выработка глубиной 2–3 мм, что вызвало необходимость замены валков. Глубина проникновения отдельных трещин после 50–60 тыс. т прокатанного металла достигла 30–40 мм. Для устранения перечисленных недостатков была применена технология наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н505РМ.

Технология упрочнения валков НЗС–730 с использованием порошковой проволоки ВЕЛТЕК–Н505РМ аналогична технологии наплавки проволокой ПП–Нп35В9Х3СФ. На первом этапе после механической обработки валок наплавляют до заданных геометрических размеров проволокой Нп–30ХГСА. Предварительный подогрев валка проводили в индукторе до температуры 400–450 °С. Упрочняющий слой наплавляли проволокой ВЕЛТЕК–Н505РМ диаметром 3,6 мм под флюсом АН–20С на режиме:  $I_{св} = 430...450$  А,  $U_d = 30...32$  В,  $V_{св} = 35...40$  м/ч. После наплавки выполняли повторный нагрев в индукторе до температуры 400–450 °С с последующим замедленным охлаждением в термостате. Достигнуто снижение образования шипов в два раза, и снижена склонность к образованию трещин в 2–3 раза, что позволило отремонтировать 80–90% валков по укороченной технологии, существенно снизить все виды затрат на 20% и увеличить межремонтные сроки работы станков.

На ОАО «Запорожсталь» вертикальными валками эджерной клетки на непрерывном тонколистовом стане «1680» горячей прокатки производят боковое обжатие и выравнивание боковых кромок прокатываемого листа. В процессе эксплуатации цилиндрическая поверхность валков в месте контакта с торцом горячего листа подвергается интенсивному абразивному изнашиванию и значительным сжимающим нагрузкам. В результате на поверхности бочки валков у реборды образуется кольцевая выработка высотой до 100 мм, глубиной до 5 мм по диаметру. Это вызывает необходимость замены валков, так как дальнейшая эксплуатация может привести к неравномерности обжатия и скорости прокатки, что отрицательно повлияет на качество прокатываемого металла. Изучение характера и динамики изнашивания показали, что износ происходит в результате окисления и отрыва частичек окисленного металла с поверхности валков торцами горячего листа с температурой поверхности 1100–900 °С, частично покрытых тонким слоем окалины. При этом поверхность валков в месте контакта с прокатываемым листом разогревается до температуры 400–500 °С. Срок службы валков, упрочненных наплавкой порошковой проволокой ПП–Нп–35В9Х3СФ или ПП–Нп–25Х5ФМС, не более 3–4 месяцев, что не отвечает требованиям производства. Применение наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н550РМ позволило повысить износостойкость и срок службы валков в 2,5–3 раза.

Опытную наплавку валков эджера производили на наплавочной установке в ЦРПО ОАО «Запорожсталь». Перед наплавкой валок с изношенной поверхностью механически обрабатывали для удаления окисленного и изношенного металла на глубину, обеспечивающую наплавку подслоя проволокой Нп–30ХГСА и упрочняющего слоя толщиной 10 мм проволокой ВЕЛТЕК–Н550РМ. После наплавки подслоя валок нагревали до температуры 400–500 °С. Упрочняющую наплавку выполняли под флюсом АН–20С в 3–4 слоя на режиме:  $I_{св} = 320...380$  А,  $U_d = 30...32$  В. В процессе наплавки температуру валка постоянно контролировали, не допуская ее снижения ниже 400 °С (при необходимости выполняли сопутствующий подогрев). После наплавки валок помещали в термостат.

Самозащитную порошковую проволоку ВЕЛТЕК–Н250РМ диаметром от 1,6 до



Рисунок. Керн клещевого крана, наплавленный самозащитной порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н480С

3,0 мм успешно применяют при восстановлении подушек прокатных клетей и ножиц, шпинделей и муфт приводов прокатных валков, звездочек, втулок, валов, ступиц и др. По своим характеристикам она не уступает известной порошковой проволоке DUR 250-FD (Bohler).

Реализована наплавка кернов клещевых кранов (рисунок) и губок стрипперного крана, которые в процессе эксплуатации испытывают ударные и сжимающие нагрузки в условиях высоких температур. Керны контактируют с металлом, разогретым до 800–1250 °С, подвергаются периодическому охлаждению в баках с водой. Для наплавки была применена самозащитная порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н480С диаметром 2,0 мм с системой легирования (С-Сr-W-Mo-V-Ti), которая обеспечивает твердость наплавленного металла после наплавки 50–54 HRC<sub>3</sub>, при 600 °С горячую твердость 40–44 HRC<sub>3</sub> и стойкость к трещинообразованию (100 термоциклов до появления первой трещины). Замена при механизированной наплавке электродов Т-590, Т-620 указанной проволокой позволила повысить срок службы кернов в 4–5 раз и снизить затраты на ремонт. Задача восстановления кернов была решена в комплексе (технология—оборудование—материал).

При наплавке деталей, подвергающихся ударно-абразивному изнашиванию, порош-

ковой проволокой ПП-АН170 наблюдается повышенная склонность к трещинообразованию, сколам. Толщина наплавки не превышает 1–2 слоя, что в ряде случаев ограничивает ее применение. Для решения данной задачи применили самозащитные порошковые проволоки ВЕЛТЕК-Н600 (С-Сr-Mo-V-Nb-Ti-B), ВЕЛТЕК-Н620 (С-Сr-Mo-V-Ti-B), которые обеспечивают твердость наплавленного металла 55–63 HRC<sub>3</sub>. По сравнению с ПП-АН170 данные проволоки обеспечивают повышение износостойкости наплавленного металла на 30–50% при возможности выполнения 4–5 слоев. Проволоки выпускают диаметром от 2 до 5 мм. С применением механизированной и автоматизированной наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н600 диаметром 3,0 мм была восстановлена защитная поверхность большого конуса доменной печи, достигнуто значительное повышение износостойкости по сравнению с износостойкостью при применении электродов Т590, а также в два раза сокращено время ремонта. При автоматической наплавке малого конуса порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н620 диаметром 4,0 мм получена более высокая износостойкость по сравнению с наплавкой лентой ПЛ-АН101. Кроме этого, данные проволоки успешно применяют при упрочняющей наплавке зубьев ковшей экскаваторов, ножей бульдозеров, челюстей грейфера.

Новые порошковые проволоки изготавливают серийно соответственно ГОСТ 26101-84 и действующей нормативно-технической документации, продукция сертифицирована УкрСЕПРО. ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» 12.04.2004 г. получен сертификат на систему управления качеством продукции согласно ДСТУ ISO 9001-2001. ● #591



# Наплавка валков трубопрокатного стана порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ

П. Ф. Домбровский, Е. Ф. Чудаков, А. Н. Круподер, ЗАО «Нико Тьюб» (Никополь),  
В. А. Войтенко, ЧП «Войтенко», А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев)

В настоящее время актуальной является задача повышения эффективности использования трубопрокатных станов, в том числе путем увеличения срока службы валков между переточками.

Традиционно для наплавки валков первой клетки непрерывного стана, входящего в состав ТПА «30–102», эксплуатируемого на Никопольском заводе бесшовных труб ЗАО «Нико Тьюб», применяют порошковую проволоку ПП–Нп35В9Х3СФ. Стойкость валков наиболее нагруженных клетей непрерывного стана не отвечает современным требованиям. После прокатки 1000–1200 т труб износ дна калибра валков достигает 3–5 мм, при этом на поверхности калибра образуются сетка разгара, риски, продольные и поперечные трещины, что ухудшает качество труб. Наличие глубоких рисков на поверхности калибров приводит к появлению закатанных дефектов на поверхности труб, которые очень трудно определить визуально непосредственно во время прокатки. Эти дефекты выявляются на завершающих стадиях производства труб при проведении неразрушающего контроля.

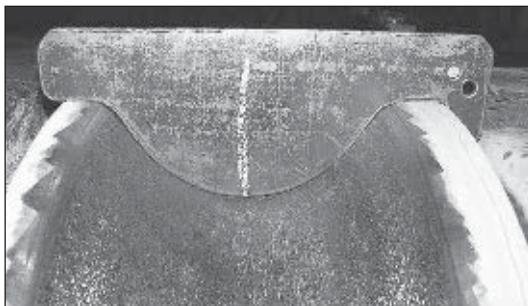


Рис. 1.  
Контроль степени износа профиля калибра

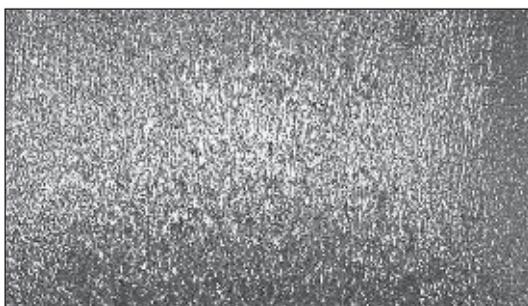


Рис. 2.  
Внешний вид поверхности калибра после прокатки 5000 т труб

ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» предложило применить для упрочняющей наплавки валков непрерывного стана порошковую проволоку ВЕЛТЕК–Н480НТ с системой легирования С–Si–Mn–Cr–V–Mo–W. Проволока обеспечивает устойчивый процесс наплавки под флюсами АН20С, АН26П на постоянном токе обратной полярности, легкую отделимость шлаковой корки, отсутствие трещин и пор в наплавленном металле. Твердость наплавленного металла 50–56 HRC<sub>3</sub> с отклонением ±1,5 HRC<sub>3</sub>.

Проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ наплавляли первую и вторую клетки непрерывного стана ТПА «30–102» согласно действующей на заводе технологии: в три слоя общей толщиной 10–12 мм по подслою, выполненному проволокой Св–08А под флюсом АН60.

Испытания проводили на валках первой и второй клетей как наиболее нагруженных. Валки первой клетки были извлечены из стана после прокатки 5000 т труб. Износ дна калибра валков составил 0,3–0,5 мм (рис. 1). Состояние поверхности калибров валков удовлетворительное, поверхность гладкая, без трещин (рис. 2). Износ дна калибров валков второй клетки составил 1,5–2,0 мм после прокатки 8790 т труб.

При повторной наплавке валков первой клетки проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ износ дна калибра валков остался на прежнем уровне после прокатки 5040 т труб с сохранением приемлемого состояния рабочей поверхности калибра. Следует отметить, что замена калибров была произведена не из-за их износа, а в связи с переходом на прокатку труб ответственного назначения, требующих согласно действующей технологии принудительной замены клетей. В процессе испытаний нареканий на качество наплавленного металла не отмечено.

По результатам опытных прокаток с использованием валков непрерывного стана, наплавленных проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ, признано рациональным проведение промышленных испытаний нового наплавочного материала.

● #611

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ НАПЛАВКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Л. Н. ОРЛОВ**, канд. техн. наук, **А. А. ГОЛЯКЕВИЧ**, инж. (ООО «ТМ.ВЕЛТЕК», г. Киев),  
**В. И. ТИТАРЕНКО**, инж. (ЧНПКФ «РЕММАШ», г. Днепропетровск),  
**В. Н. ПЕЛЕШКО**, инж. (КЗГО, г. Кривой Рог)

Приведены сведения о выпускаемых ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» порошковых проволоках и опыте их использования при восстановлении деталей и механизмов в металлургической и горнодобывающей промышленности.

*Ключевые слова:* дуговая наплавка, порошковые проволоки, реновация деталей и машин, прокатные валки, крановые колеса, металлургическое оборудование, дефекты литья

Электродуговая наплавка порошковой проволокой занимает прочные позиции в реновации деталей машин и механизмов в различных отраслях промышленности. Выбор порошковой проволоки осуществляют с учетом условий эксплуатации восстанавливаемой детали, ее конструктивных особенностей, типа защиты, имеющегося оборудования.

*Ролики машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).* В развитых странах около 80 % всей выплавляемой стали обрабатывается с применением энергосберегающей технологии непрерывной разливки стали как обладающей комплексом других эксплуатационных преимуществ. Эффективность применения МНЛЗ в значительной мере определяется стойкостью ее роликов, которые эксплуатируются в условиях длительных циклических и термомеханических нагрузок в агрессивной среде. Ролики поддерживающих и разгибающих узлов работают в экстремальном температурном режиме: максимальная температура на поверхности роликов может достигать 670...750 °С, они также воспринимают усилия от ферросплавного раздутия и разгиба слитка. На прямолинейных участках ролики подвергаются преимущественно абразивному износу. Разрушение их рабочей поверхности проявляется в виде износа поверхностного слоя и образования трещин разгара. Наиболее эффективна изготовительная и восстановительная наплавка роликов с применением порошковых проволок в качестве наплавочного материала. Эффективность наплавки определяется стоимостью порошковой проволоки, производительностью процесса, толщиной наплавляемого слоя, энергоемкостью всех технологических этапов, стоимостью монтажных работ и простоем оборудования. В отечественной металлургии для восстановительной наплавки роликов МНЛЗ традиционно применяются сплошные и порошковые проволоки 12Х13, 20Х17 в сочетании с флюсами АН-20С и АН-26П. Это обеспечивает получение хромистого наплавленного металла с мартенситно-ферритной структурой (рис. 1), для

которой характерно формирование больших (более 15 %) участков  $\delta$ -феррита, являющихся причиной образования трещин разгара и повышенного износа.

Наряду с этим процесс наплавки сопровождается затруднительным отделением шлаковой корки, что является причиной появления дефектов в виде протяженных шлаковых включений. Ресурс восстановления роликов по этой технологии составляет 300...400 тыс. т слитков, что не отвечает современным требованиям.

На предприятии ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» с этой целью применяют порошковые проволоки ВЕЛТЕК-Н470 и ВЕЛТЕК-Н470С (ТУУ 19369185.018-97) в сочетании с флюсами АН-20 и АН-26. Для улучшения структурного состояния наплавленного металла используют комплексное легирование хромистого металла никелем, молибденом, ванадием, ниобием и редкоземельными металлами. Определены и реализованы оптимальные содержание и соотношение легирующих элементов, параметры технологии и техники наплавки, позволяющие стабильно получать наплавленный металл с мартенситной структурой (рис. 2) и незначительной (3,5...5,0 %) объемной долей  $\delta$ -феррита, имеющий твердость  $HRC_{\rho}$  40...44, что обеспечивает ему высокую стойкость против износа и разгара.

Применение предложенной технологии обеспечивает самопроизвольное отделение шлаковой кор-

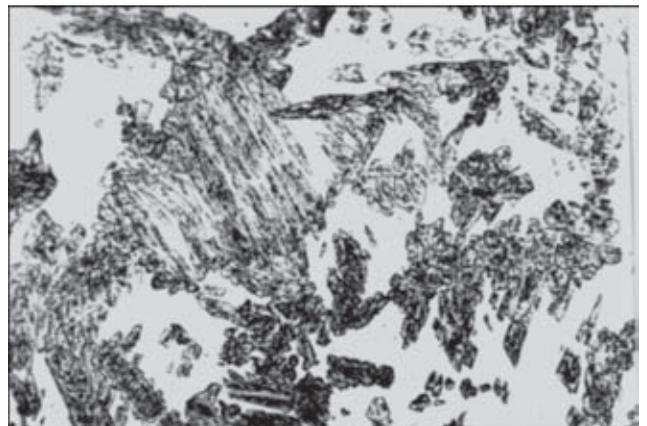


Рис. 1. Микроструктура (X500) металла, наплавленного проволокой Нп-20Х17

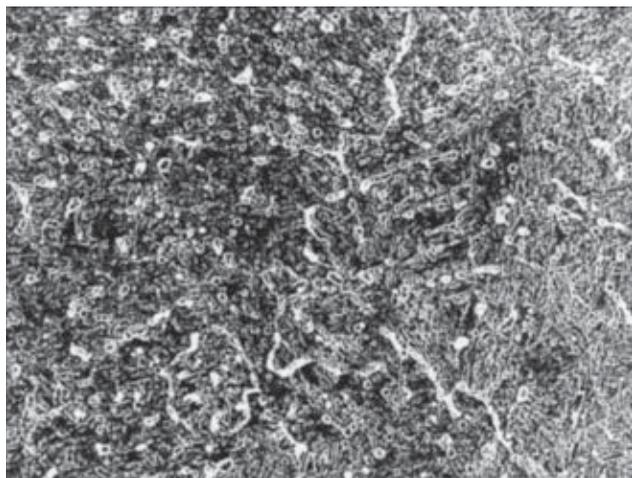


Рис. 2. Микроструктура (X1000) металла, наплавленного порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н470

ки, а также отсутствие пор и трещин в наплавленном металле. Сравнительные испытания порошковых проволок ВЕЛТЕК-Н470 и ВЕЛТЕК-Н470С показали, что они находятся на уровне проволок ведущих зарубежных компаний — ОК15.73 (ESAB), 4142MM-SLC, 414MM-S («Weldclad»). Проволоку ВЕЛТЕК-Н470 успешно применяли на НКМЗ (г. Краматорск) при выполнении экспортных заказов. В течение последних восьми лет на ММК им. Ильича (г. Мариуполь) также использовали проволоку этой марки для восстановления роликов МНЛЗ. Наплавленные ролики имеют ресурс не менее 1,5 млн т слитков. В настоя-

щее время на предприятии ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» выпускают проволоки новой модификации, увеличивающие ресурс роликов до 2,5... 3,0 млн т.

Прокатные валки являются основным технологическим инструментом в прокатном переделе. От надежности, износостойкости рабочей поверхности валков, их межремонтного срока службы зависят в основном производительность прокатных станков, технико-экономические показатели работы прокатных цехов, качество готового проката и затраты на его производство. В процессе эксплуатации рабочая поверхность валка подвергается циклическому, механическому и тепловому воздействию, на их рабочей поверхности имеет место налипание металла, неравномерный износ и образование трещин разгара. Для поддержания необходимого парка валков используют восстановительную наплавку сплошными и порошковыми проволоками. При наплавке валков горячей прокатки традиционно применяют наплавочные материалы Нп-30ХГСА, Нп-35В9ХЗСФ, Нп-25Х5ФМС, Нп-30Х4В2М2ФС в сочетании с флюсами АН-348, АН-60, АН-20, АН-26.

ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» и ЧНПКФ «РЕММАШ» совместно с металлургическими заводами КТМК «Криворожсталь», ДМК им. Дзержинского и МК «Запорожсталь» выполнил комплекс работ, направленных на совершенствование наплавочных материалов, технологии и оборудования для наплавки прокатных валков. Исходя из профиля прокатного передела металлургических комбинатов, участвовавших в работе, основное внимание уде-

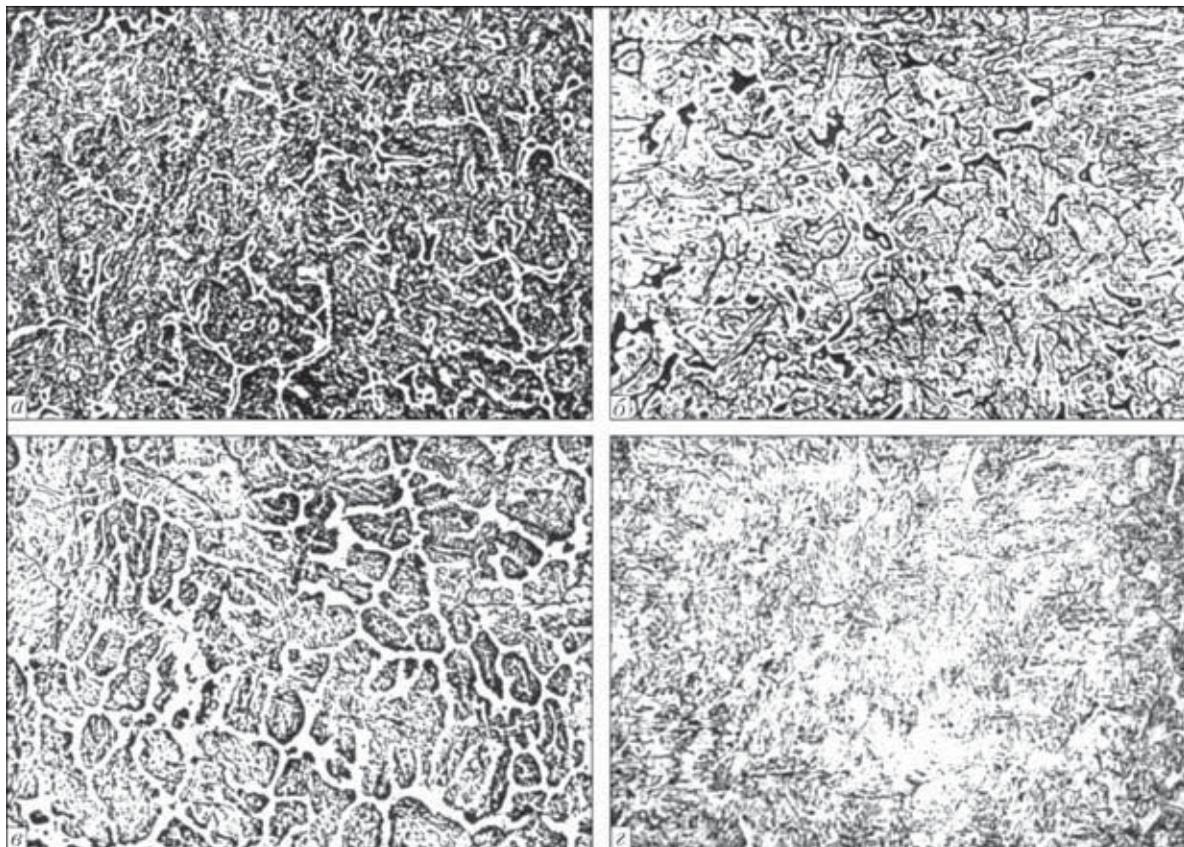


Рис. 3. Микроструктуры (X500) наплавленного металла, полученного с использованием порошковых проволок ВЕЛТЕК-Н505 (а), Нп-35В9ХЗСФ (б), ВЕЛТЕК-Н550 (в) и ВЕЛТЕК-Н500 (г)

лено наплавочным материалам и технологии наплавки валков горячей прокатки заготовительных, сортовых и отчасти листопрокатного станом. Анализ литературных данных, свидетельствующих о работоспособности наплавленных прокатных валков, показал, что возможности систем легирования  $C-Si-Mn-Cr-Mo-V$  и  $C-Si-Mn-Cr-W-V$  в полной мере не реализованы. На базе стандартных порошковых проволок марок ПП-Нп-35В9Х3СФ и ПП-Нп-25Х5ФМС усовершенствованы системы легирования порошковых проволок новых марок с учетом условий эксплуатации прокатных валков.

Повышение работоспособности валков достигнуто благодаря изменению структуры наплавленного металла. Структура металла, наплавленного проволокой ПП-Нп-35В9Х3СФ, имеет следующий вид: по границам первичного зерна аустенита расположены незамкнутые участки  $\delta$ -феррита, в которых присутствуют протяженные эвтектические выделения в виде смеси аустенита и карбидов. В ячейках кристаллизации формируется мартенсит и единичные мелкие карбиды, а на границах ячеек образуется  $\delta$ -феррит. Размер первичного зерна аустенита составляет 6 баллов. В зонах перекрытия валиков наблюдаются изменения структуры и микротвердости от  $HV$  6500 до 4500 МПа (рис. 3). Металл, наплавленный проволокой ВЕЛТЕК-Н500, имеет следующую структуру: границы первичного зерна аустенита четко выражены, в них наблюдаются прерывистые выделения  $\delta$ -феррита и мелких карбидов. Внутри ячеек кристаллизации формируются дисперсные мартенсит и карбиды. В структуре металла, наплавленного проволокой ВЕЛТЕК-Н505, по границам первичного зерна аустенита имеют размер 17...20 мкм, образуются также очень мелкие выделения  $\delta$ -феррита и карбиды, подобные эвтектическим. В ячейках кристаллизации формируются мелкоигольчатый мартенсит и дисперсные карбиды. В структуре металла, наплавленного проволокой ВЕЛТЕК-Н550, по границам первичного зерна аустенита имеются выделения  $\delta$ -феррита и дисперсные карбиды, в ячейках образуются карбиды, подобные эвтектическим, и мелкоигольчатый мартенсит. В местах перекрытия валиков изменение структуры не происходит.

В процессе работы валика под воздействием высоких температур наблюдается коагуляция и укрупнение карбидов по границам зерен с последующим их выкрашиванием и развитием трещин разгара. Торможение этих процессов достигнуто изменением структурного состояния границ зерен путем оптимизации соотношения углерода и карбидообразующих элементов. Полученные результаты реализованы в системах легирования новых порошковых проволок. Структура металла, наплавленного порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н500РМ, представляет собой игольчатый троостит с незначительной объемной долей мартенсита, наблюдается формирование по границам зерен отдельных включений  $\delta$ -феррита. На границах зерен формируются в незначительном количестве включения карбидной эвтектики.

Указанные порошковые проволоки продемонстрировали свою эффективность при наплавке прокатных валков. Усредненные показатели относительной износостойкости определяли по износу и относительной стойкости против образования трещин, а также по количеству, раскрытию и глубине проникновения последних на прокатных валках. Ниже приведены примеры применения новых порошковых проволок.

*Наплавка валков эджерной клетки на ОАО «Запорожсталь».* С помощью вертикальных валков эджерной клетки на непрерывном тонколистовом стане горячей прокатки ОАО «Запорожсталь» (стан 1680) осуществляют боковое обжатие и выравнивание боковых кромок прокатываемого листа. В процессе эксплуатации цилиндрическая поверхность валков в месте контакта с торцом горячего листа подвергается интенсивному абразивному износу и значительному удельному давлению сжимающих усилий. В результате на поверхности валков у реборды образуется кольцевая выработка шириной до 100 мм, глубиной до 5 мм по образующей. Это вызывает необходимость замены валков, поскольку дальнейшая эксплуатация может привести к неравномерности обжатия и скорости прокатки, что отрицательно влияет на качество прокатываемого металла. Изучение характера и динамики износа показали, что он происходит в результате окисления и отрывания частичек окисленного металла с поверхности валков торцами горячего листа, который имеет температуру поверхности 1100...900 °С и частично покрыт тонким слоем окалины. При этом поверхность валков в месте контакта с прокатываемым листом разогревается до 400...500 °С. Срок службы валков, упрочненных наплавкой порошковыми проволоками ПП-Нп-35В9Х3СФ или ПП-Нп-25Х5ФМС, составляет не более 3–4 мес, что не отвечает требованиям производства. Применение наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н550РМ позволило повысить износостойкость и срок службы валков в 3 раза.

*Наплавка валков станов горячей прокатки.* На Днепровском металлургическом комбинате один комплект прокатных валков восстанавливается от 5 до 10 раз. Продолжительное время восстановления прокатных валков станов 900 и 500 железопрокатного цеха осуществляли с применением наплавки сплошной проволокой Нп-30ХГСА в сочетании с проточкой или переточкой калибров до меньшего диаметра. Использование этой технологии не обеспечивало требуемую «горячую твердость» и износостойкость наплавленного рабочего слоя калибров. Как показал технико-экономический анализ, применение стандартных наплавочных материалов ПП-Нп-35В9Х3СФ, ПП-Нп-25Х5ФМС, ПП-Нп-30Х4В2М2ФС в данном производстве оказалось нецелесообразным ввиду трудоемкости восстановления валков и существенных капитальных затрат. Для упрочняющего восстановления валков клетки стана 500 железопрокатного цеха применяли порошковую проволоку ВЕЛТЕК-Н500РМ. Испытания восстановленных прокатных валков стана 500 железопрокатного



цеха показали, что их ресурс после упрочнения возрос более чем в 2 раза.

Для упрочняющей наплавки вертикальных стенок калибров прокатных валков клетки 900 применили проволоку марки ВЕЛТЕК-Н370РМ. Технология наплавки этих валков аналогична используемой для наплавки валков клетки 500 железопрокатного цеха (за исключением отсутствия предварительного подогрева). Достигнуто увеличение прокатываемого металла на одной паре валков от ремонта до ремонта с 18...20 до 45...50 тыс. т.

Валки горячей прокатки стана НЗС-730 цеха «Блюминг-1» КГМК «Криворожсталь» из стали 50 традиционно ремонтировали с использованием стандартной порошковой проволоки марки ПП-Нп-35В9Х3СФ. При эксплуатации восстановленных валков выявили ряд недостатков. Так, в процессе прокатки на поверхности валка наблюдается образование «шипов» высотой до 2 мм вследствие налипания прокатываемого металла. Наличие «шипов» приводит к необходимости остановки процесса прокатки и применения трудоемкой зачистки калибров, в противном случае валки с «шипами» наносят дефектный рисунок на поверхность прокатываемого металла. После прокатки 50...60 тыс. т металла на поверхности калибров образовалась выработка глубиной 2...3 мм, что вызывало необходимость замены валков. Глубина проникновения отдельных трещин после прокатки 50...60 тыс. т прокатанного металла достигала 30...40 мм. Это приводило к увеличению затрат на ремонт, а зачастую к необходимости преждевременной выбраковки валков. Для устранения рассмотренных недостатков применена технология наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н505РМ. Эта технология аналогична применяемой для наплавки проволокой ПП-Нп35В9Х3СФ. Благодаря указанной технологии снижено образование «шипов» и трещин в 2...3 раза. Это позволило выполнить ремонт 80...90 % валков по укороченной технологии и существенно уменьшило все виды затрат и на 20 % увеличило межремонтные сроки работы станов.

*Детали металлургического оборудования.* Самозащитная порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н250РМ диаметром 1,6...3,0 мм успешно применяется при восстановлении подушек прокатных клетей и ножниц, шпинделей и муфт приводов прокатных валков, звездочек, втулок, валов, ступиц и др. По своим характеристикам эта проволока не уступает известной порошковой проволоке DÜR 250-FD («Böhler»).

Реализована наплавка кернов клещевых кранов и губок стрипперного крана, которые в процессе эксплуатации испытывают ударные и сжимающие нагрузки в условиях высоких температур. Керны контактируют с металлом, разогретым до 800...1250 °С, и работают в условиях термоциклирования из-за периодического охлаждения кернов в баках с водой. Для этой цели применена самозащитная порошковая проволока марки ВЕЛТЕК-Н480С диаметром 2 мм с системой легирования С-Сг-В-Мо-В-Тi, которая обеспечивает после наплавки  $HRC_3$  50...54, горячую твердость  $HRC_3$  40...44 при

600 °С и высокую стойкость против образования трещин (100 термоциклов — до появления первой трещины). Применение механизированной наплавки проволокой ВЕЛТЕК-Н480С взамен электродов Т-590 и Т-620 позволило повысить срок службы кернов в 4...5 раз и снизить затраты на ремонт. Задача восстановления кернов решена в комплексе оборудование-материал-технология.

При наплавке деталей, подвергающихся ударно-абразивному износу, порошковой проволокой ПП-АН170 наблюдается повышенная склонность к трещинообразованию с отколами, а толщина наплавки составляет один-два слоя, что в ряде случаев ограничивает использование указанной проволоки. Для решения данной задачи применили самозащитные порошковые проволоки ВЕЛТЕК-Н600 (С-Сг-Мо-В-Нb-Тi-В), ВЕЛТЕК-Н620 (С-Сг-Мо-В-Тi-В), обеспечивающие твердость наплавленного металла  $HRC_3$  55...63. По сравнению с ПП-АН170 износостойкость наплавленного металла повышается на 30...50 %, существует возможность выполнения четырех-пяти слоев. Указанные проволоки выпускаются диаметром от 2 до 5 мм. С применением механизированной и автоматизированной наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н600 диаметром 3 мм восстановлена поверхность большого конуса доменной печи, в результате достигнуто значительное повышение износостойкости наплавленного металла (по сравнению с электродами Т590) и в 2 раза сокращено время ремонта. При автоматической наплавке малого конуса порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н620 диаметром 4 мм получена более высокая износостойкость наплавленного металла по сравнению с наплавкой лентой ПЛ-АН-101. Эти проволоки успешно применялись при упрочняющей наплавке зубьев ковшей экскаваторов, ножей бульдозеров, челюстей грейфера.

Наплавку колосников и звездочек одновалковой дробилки агломерата выполняли самозащитными порошковыми проволоками. В один комплект дробилки входит 16 колосников массой 270 кг каждый и 15 звездочек массой 85 кг каждая, изготовленных из стали марок 35Л или 45Л. Колосники до внедрения новой технологии не упрочняли, а заменяли на новые. Порошковая проволока марки ВЕЛТЕК-Н600 с системой легирования С-Сг-Мо-В-В-Тi обеспечивает получение многослойной наплавки колосников со стойкостью противоударно-абразивному нагружению при повышенных температурах. Многослойную наплавку выполняли проволокой диаметром 2,6 мм на постоянном токе обратной полярности на следующем режиме:  $I_d = 280...300$  А,  $U_d = 26...28$  В. Твердость наплавленного металла составляла  $HRC_3$  59...62. По сравнению с металлом, наплавленным порошковой проволокой ПП-АН-170, значительно уменьшилась склонность к растрескиванию и сколам. С учетом неравномерности износа наплавку по количеству слоев и толщине осуществляли в соответствии со степенью износа каждого колосника и звездочки общим слоем толщиной от 3 до 12 мм.

Периодический осмотр экспериментального комплекта показал следующую динамику износа

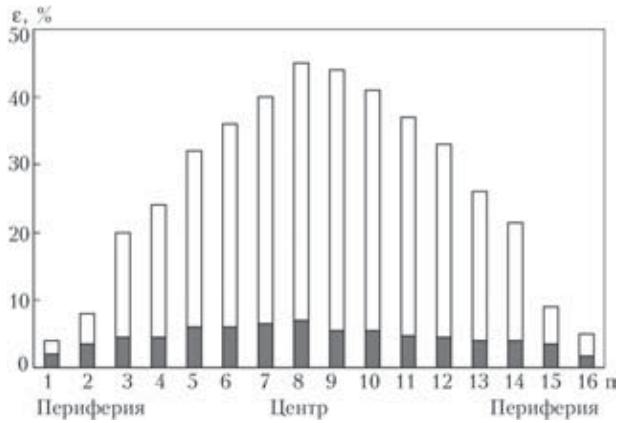


Рис. 4. Износ  $\epsilon$  упрочненных и неупрочненных (заштрихованная область) колосников дробилки агломерата после 2 мес эксплуатации дробилки:  $n$  — порядок установки колосников в дробилки агломерата

колосников и звездочек в различных зонах дробилки (рис. 4): через 2 мес от 3 % на периферии до 6 % в центре; через 4 мес — от 5 % на периферии до 12 % в центре; через 6 мес — от 8 % на периферии до 25 % в центре. При этом в 3 раза увеличился межремонтный период дробилки, повысилось качество агломерата, снизились затраты на ремонт.

**Крановые колеса.** Износ крановых колес из сталей марок 45Л, 40Л, 60Л, 55Л происходит от трения металла о металл при больших знакопеременных динамических нагрузках как по поверхности катания, так и по реборде. При этом износ по поверхности катания колеса составлял в среднем 6... 10 мм на диаметр, а реборды соответственно 15... 25 мм на сторону, что приводит к необходимости его замены через 1... 3 мес.

Для наплавки крановых колес использовали порошковые проволоки марок ВЕЛТЕК-Н300, ВЕЛТЕК-Н350 диаметром 1,6... 4,0 мм в сочетании с флюсами АН-348, АН-60 и в среде углекислого газа. В последние годы успешно применяется проволока ВЕЛТЕК-Н300РМ взамен сплошной проволоки Нп-30ХГСА. Для наплавки колес тяжело нагруженных кранов разработан вариант технологии, при котором наиболее интенсивно изнашиваемые реборды наплавляли под флюсом АН-348 порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК-Н285РМ диаметром 3 мм. Хромомарганцовистый наплавленный металл со структурой метастабильного аустенита обеспечивает высокую износостойкость вследствие развития самоупрочнения под воздействием наклепа, что проявляется в повышенной твердости от  $HRC_9$  28... 32 до 42... 45. Менее изнашиваемые поверхности катания наплавляли под флюсом АН-348 порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н300РМ, твердость наплавленного металла составляла  $HRC_9$  300... 350 (рис. 5).

Такая технология позволила повысить срок службы крановых колес в 2 раза при увеличении затрат на материалы лишь на 70 %, а трудоемкости механической обработки на 35 %.

**Детали машин горнодобывающего и дробильно-размольного оборудования.** В настоящее время ЗАО «Криворожский завод горного оборудования» является передовым машиностроительным

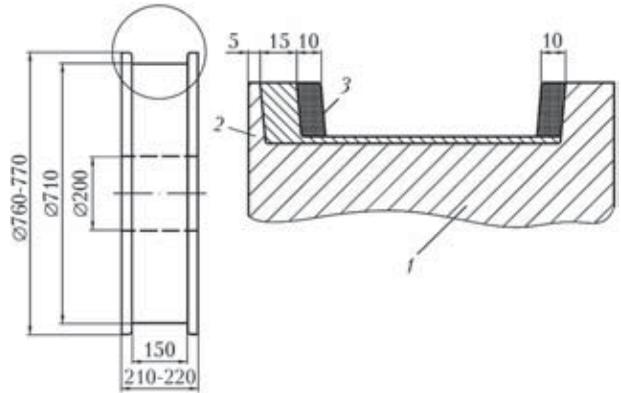


Рис. 5. Схема наплавки крановых колес: 1 — основной металл; 2, 3 — наплавленный металл, полученный с использованием проволоки соответственно ВЕЛТЕК-Н300РМ и ВЕЛТЕК-Н280РМ

предприятием в Украине по производству и ремонту горного оборудования. На этом предприятии большой объем сварочных и восстановительных работ выполняется с применением дуговой сварки и наплавки. Номенклатура сварочных и наплавочных материалов широкая, что связано с необходимостью сварки низкоуглеродистых низколегированных, низколегированных высокопрочных, высокомарганцовистых и теплостойких сталей, выполнением сварных соединений разнородных сталей, сваркой литых сталей и исправлением дефектов литья. В большинстве случаев это крупногабаритные изделия, поэтому предъявляются особые требования к сварочным материалам, технологии и техники сварки и наплавки. В связи с этим актуальна задача повышения качества выполняемых работ, снижения материальных, энергетических и трудовых затрат. Этим требованиям в полной мере отвечают порошковые проволоки. В течение последних пяти лет «Криворожский завод горного оборудования» совместно с ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» проводит работы по увеличению объемов дуговой сварки и наплавки порошковой проволокой. В результате разработана и внедрена гамма порошковых проволок различного назначения. В общем объеме применяемых материалов для сварки и наплавки доля порошковых проволок возросла с 15 до 85 %. Увеличилась по сравнению с покрытыми электродами эффективность сварки и наплавки за счет повышения производительности и качества труда, снизился объем работ по повторному контролю качества. В значительной степени уменьшилось традиционное недоверие к порошковым проволокам в плане их использования для получения качественных сварных соединений и упрочняющих покрытий. Приведем некоторые примеры применения порошковых проволок на предприятии ООО «ТМ. ВЕЛТЕК».

Выполнена сварка чаши конусной дробилки ККД-1500. Чашу массой 50 т из стали 35Л собирали из двух частей — верхней и нижней, которые сварили между собой. Горизонтальный монтажный стык диаметром 2980 мм выполнен с двухсторонней чашеобразной разделкой кромок при



Рис. 6. Сварка чаши мельницы

толщине металла 180 мм. Сварку осуществляли порошковой проволокой марки ППС-ТМВ29 диаметром 1,6 мм на постоянном токе (обратная полярность) в углекислом газе (рис. 6).

Сварку деталей и узлов агломерационного и обогатительного оборудования, горнодобывающей техники (в том числе узлов экскаваторов из сталей СтЗпс, 09Г2С), а также заварка деталей литья из сталей 20Л, 35Л на указанном предприятии выполняют газозащитными порошковыми проволоками марок ППС-ТМВ5, ПП-АН8, ППС-ТМВ8, ППС-ТМВ29, а узлов из низколегированных высокопрочных сталей 12Х2НМСА, 12Х2НВСА — проволокой ПП-АН-57. Для заварки дефектов литья сталей 20Л, 35Л наиболее эффективно применение металлпорошковой проволоки марки ППС-ТМВ5. Благодаря малому содержанию шлака (4...5 %) не требуется затрат на его удаление в процессе заварки глубоких разделок. Высокие коэффициент использования проволоки  $K = 1,08$  и стойкость против образования пор и трещин определяют преимущество данной проволоки перед другими сварочными материалами.

Для сварки деталей и заварка дефектов литья из теплостойких хромомолибденовых сталей 15ХМ, 12ХМ, 20ХМЛ, 35ХМЛ применяется газозащитная порошковая проволока с сердечником карбонатно-флюоритного типа марки ППС-ТМВ14 диаметром 1,6...2,0 мм.

Заварку дефектов литья высокомарганцовистых сталей 110Г13Л выполняют самозащитной порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н220 диаметром 2 мм.

Наплавку упрочняющих слоев на засовах днищ, режущих кромок и корпусов ковшей экскаваторов, ковшей-черпалок, краев входных устройств шаровых мельниц, корпусов пульпонасосов, насосов земснарядов, ножей грейдеров и бульдозеров выполняют самозащитными порошковыми проволоками марок ВЕЛТЕК-Н580, ВЕЛТЕК-Н600, ВЕЛТЕК-Н605, ВЕЛТЕК-Н620 диаметром 2...3 мм (взамен электродов Т-590, Т-620) и порошковых проволок ПП-АН-125, ПП-АН-170, Linocore 60-О, Linocore 60-S, Linocore 65-О, DÜR 600-FD, DÜR 650, DÜR 650MP, ОК Tubrodur 14.70, ОК Tubrodur 15.52.

Для восстановительной наплавки плунжеров гидропрессов, защитных втулок грунтовых насосов по перекачке пульпы применяют порошковую проволоку ВЕЛТЕК-Н410 диаметром 2,4...3,6 мм в сочетании с флюсами АН-20 и АН-26, а для наплавки открытой дугой — проволоку ВЕЛТЕК-Н420 диаметром 1,4...3,0. Для наплавки элементов шахтной гидравлики используют порошковую проволоку ВЕЛТЕК-Н425 диаметром 2 мм в сочетании с флюсами АН-20 и АН-26. При этом процесс наплавки характеризуется высокой стабильностью, хорошим формированием металла, самопроизвольным отделением шлаковой корки, а наплавленный металл отличается высокой коррозионной стойкостью при эксплуатации в забоях.

The paper gives information on flux-cored wires produced by OJSC «TM.WELTEK» and experience of their application in reconditioning of the parts and mechanisms for metallurgical and mining industries.

Поступила в редакцию 10.10.2005

# Порошковая проволока для сварки ванн горячего цинкования

Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, А. А. Голякевич, А. В. Билинец, А. В. Хилько, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК», В. В. Капуста, О. Ю. Корнецкий, А. Е. Дюдин, ООО «Днепрометиз»

В цехах горячего цинкования систематически проводят работы по ремонту и замене стальных ванн. Это связано практически с полным растворением сварных швов и образованием локального глубокого корродирования зоны термического влияния (ЗТВ) и стенок ванны, что может привести к ее разрушению. При контакте стали с расплавленным цинком ряд факторов способствует протеканию обменных реакций с образованием интерметаллидов  $Fe_5Zn_{21}$ ,  $FeZn_{10}$ ,  $FeZn_{13}$ , которые выпадают в осадок. Процесс корродирования можно остановить, создав на внутренней поверхности ванны плотную пленку комплексного интерметаллида, преимущественно  $FeZn_{10}$ .

Многолетней практикой установлено, что высокую стойкость в расплавленном цинке имеет сталь с низким содержанием углерода (не более 0,06%), кремния (не более 0,05%), марганца, серы и фосфора. В связи с этим ванны горячего цинкования изготавливают из листовой стали Ст08кп, а сварку выполняют электродами с кислым покрытием. После шести месяцев эксплуатации ванны подлежат замене или ремонту, заключающемуся в заварке мест корродирования поверхности стенок и восстановлении размеров растворенных швов. При изготовлении и ремонте ванн горячего цинкования выполняют большой объем сварочных работ, в связи с этим актуально применение механизированной сварки. Сварка в  $CO_2$  сплошной проволокой Св-08Г2С или стандартной порошковой проволокой (например ПП-АН8, ПП-АН29) невозможна, так как при этом не обеспечивается требуемый химический состав металла шва по количеству углерода и кремния. Сложной задачей является предупреждение образования пористости швов при сварке в  $CO_2$  стали с низким содержанием кремния.

Предприятие «ТМ.ВЕЛТЕК» разработало и освоило производство газозащитной порошковой проволоки ППС-ТМВ2 диаметром 1,6 мм для сварки ванн горячего цинкования. Химический состав металла шва

оптимизирован по результатам продолжительных испытаний контрольных образцов сварных соединений в ваннах горячего цинкования. Состав проволоки обеспечивает получение плотных швов при низком содержании кремния и углерода в наплавленном металле, что является одним из требований для достижения коррозионной стойкости сварных швов.

## Химический состав наплавленного металла, %:

C	0,06
Si	0,03
Mn	0,3
S	0,032
P	0,013

Сварные соединения обладают высокими прочностными характеристиками благодаря упрочнению ферритной матрицы дисперсной МАК-фазой (рис. 1).

## Механические свойства металла шва:

$\sigma_B$ , МПа	627–603
$\sigma_T$ , МПа	534–515
$\delta$ , %	16,0–18,0
$\Psi$ , %	35–38
KCV, Дж/см <sup>2</sup> :	
при +20 °С	80–101
при 0 °С	53–50–50

Применение технологии заполнения разделки валиками малого сечения позволило дополнительно диспергировать структуру металла шва с формированием зон нормализации.

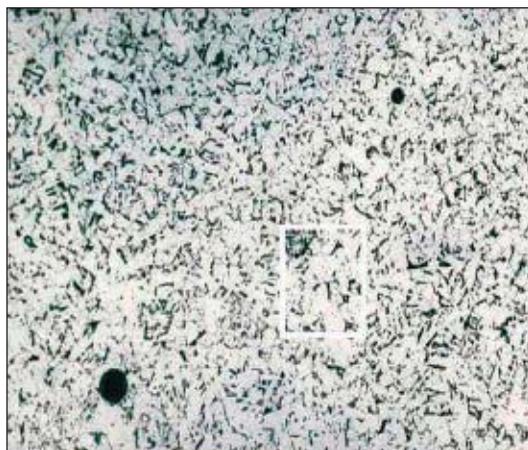


Рис. 1. Микроструктура металла шва, выполненного проволокой ППС-ТМВ2,  $\times 250$



Рис. 2. Поверхность ванны в зоне сварного шва после года эксплуатации

Порошковая проволока ППС–ТМВ2 и технология сварки применены в ОАО «Днепропетровский завод металлоконструкций им. Бабушкина» при изготовлении ванн горячего цинкования. Ванны размерами 3400×1380×1200 мм изготовлены из листовой стали Ст08кп толщиной 30 мм. Сварку выполняли на постоянном токе обратной полярности. Сила сварочного тока 280–300 А, напряжение дуги 28–29 В, расход CO<sub>2</sub> – 12–16 л/мин. Производительность сварки составила 5,6–6,0 кг/ч. Коэффициент расхода проволоки 1,15.

Применяли два варианта технологии сварки: сварка ванн проволокой ППС–ТМВ2; сварка проволокой Св–08Г2С в CO<sub>2</sub> с плакированием швов проволокой ППС–ТМВ2. Оба варианта обеспечивают коррозионную стойкость сварных соединений и увеличе-

ние ресурса ванн. Качество сварных швов проверяли визуально и с применением ультразвукового контроля. В сварном соединении отсутствовали несплавления, межслойные шлаковые включения, трещины и поры.

Ванны, изготовленные с применением порошковой проволоки ППС–ТМВ2, были установлены в цехе цинкования ОАО «Днепрометиз». Визуальный контроль ванн после эксплуатации в течение года показал отсутствие коррозии сварных швов и ЗТВ (рис. 2). Дальнейшая эксплуатация ванн позволит определить максимальный их ресурс.

Порошковая проволока обладает хорошими сварочно-технологическими свойствами, что позволяет успешно применять ее как для сварки, так и для ремонта ванн. Использование механизированной сварки порошковой проволокой ППС–ТМВ2 повысило производительность сварочных работ в 2,5 раза. За счет более высокого выхода годного металла снижено количество потребляемого сварочного материала.

Порошковую проволоку поставляют потребителю в мотках или в стандартных кассетах К200 и К300, полностью готовую к применению. Упаковывают проволоку в металлические барабаны массой 50–70 кг по ГОСТ 26101–84. По требованию потребителя проволоку могут поставлять в картонных коробках по одному мотку или кассете, предварительно упакованных в полиэтиленовую пленку.

● # 654





# Применение порошковой проволоки ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» в производстве металлоконструкций ЗАО «НКМЗ»

С. Г. Красильников, Ю. В. Окунев, В. А. Пантелеймонов, К. П. Шаповалов,  
ЗАО «НКМЗ» (Краматорск), Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, А. А. Голякевич, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»

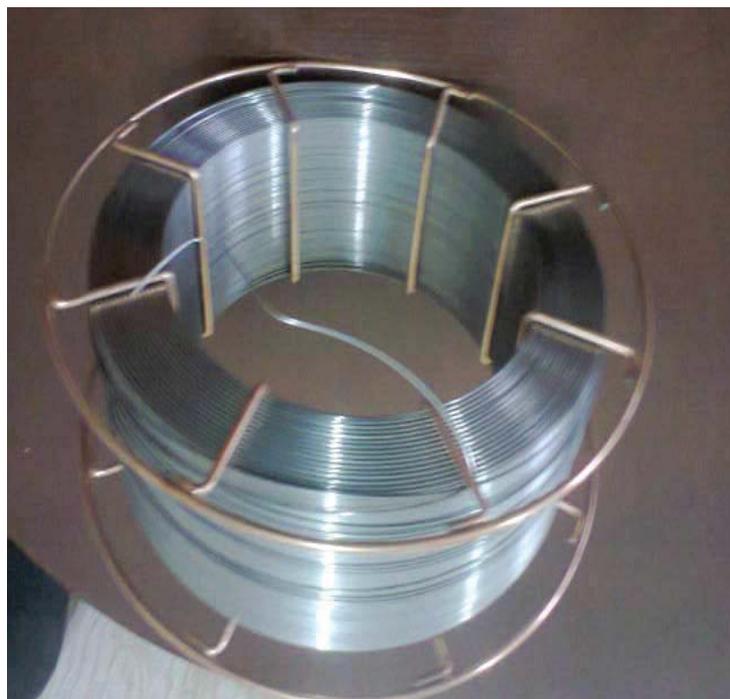
ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод» — крупнейший в Европе инженеринговый и производственный комплекс, специализирующийся на проектировании, изготовлении и комплексной поставке горнорудного, металлургического, прокатного, кузнечно-прессового, подъемно-транспортного и гидротехнического оборудования. В производстве находят применение различные способы сварки и упрочняющей наплавки. Система качества охватывает весь комплекс производства, отвечает требованиям международных стандартов ISO 9001 (EN 29001) и подтверждена сертификатами независимого технического надзора общества TUF NORD (Германия), что определяет требования к поставляемым сварочным и наплавочным материалам. НКМЗ постоянный потребитель сварочных и наплавочных материалов зарубежных производителей (ESAB, Welding Alloys, Bohler и др.), с 1997 г. — наплавочной порошковой проволоки ООО «ТМ.ВЕЛТЕК». За этот период использовано более 20 т различной наплавочной проволоки ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» и упрочнено более 5000 т изделий, выпускаемых заводом.

К наиболее часто упрочняемым наплавочной порошковой проволокой изделиям относят узлы машин непрерывного литья заготовок, плунжеры и цилиндры мощных гидравлических прессов, опорные поверхности миксеров-чугуновозов, поверхности трения мощных гидравлических прессов, поверхности катания в сочетании с высоким удельным давлением и т. п.

**Ролики машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).** Перспективность и рост объемов применения технологии непрерывной разливки стали определяют целый комплекс присущих ей преимуществ. Производительность и эффективность МНЛЗ, обеспечивающих данную технологию, обусловлена в первую очередь стойкостью роликов. Отсюда актуальность задачи применения высокоэффективных наплавочных материалов для изготовления и восстановления роликов.

За рубежом достигнута фактическая стойкость роликов, равная 3 000 000 т, а в отечественной металлургии — до 500 000 т. Такое различие определяется более высоким уровнем технологии наплавки, наплавочного материала и применяемого оборудования.

В отечественной металлургии для наплавки роликов МНЛЗ традиционно применяют порошковую проволоку марок ПП–Нп12Х13, ПП–Нп20Х17, ПП–Нп30Х20НМ в сочетании с флюсами АН20 и АН26, обеспечивающую хромистый наплавленный металл с ферритно-мартенситной структурой. За рубежом используют порошковую проволоку Tubrodur 15.73 (ESAB, Швеция), WLDC–3М2L (Weldclad, Великобритания), 4142МMS (Welding Alloys, Великобритания) и др., обеспечивающую получение хромистого наплавленного металла с мартенситно-ферритной структурой, дополнительно легированного никелем, молибденом, ванадием, ниобием.



Комплексное легирование предопределяет отличия в структуре и работоспособности наплавленного металла. Ролики МНЛЗ эксплуатируют в условиях длительных циклических и термомеханических нагрузок. Ролики зон изгиба и правки работают в тяжелом температурном режиме, максимальная температура поверхности роликов может достигать 670–750 °С. Ролики воспринимают усилия вследствие выпучивания сляба под действием ферростатического давления и усилия при правке слитка. На горизонтальном участке ролики подвергаются абразивному изнашиванию. Разрушение рабочей поверхности роликов проявляется в виде изнашивания поверхностного слоя и образования трещин разгара. Теплоустойчивость, разгаростойкость и износостойкость наплавленного металла можно обеспечить, оптимизируя структуру наплавленного металла как по структурному, так и по фазовому составам.

«ТМ.ВЕЛТЕК» в содружестве с Новокраматорским машиностроительным заводом выполнило комплекс работ по созданию новой порошковой проволоки и технологии ее применения при изготовлении и восстановлении роликов МНЛЗ. Цель заключается в предупреждении гетерогенизации структуры вследствие коагуляции карбидов и образования зон δ-феррита и упорядоченного твердого раствора. По результатам исследования выполнена оптимизация содержания хрома, углерода, карбидообразующих элементов и параметров термического цикла в процессе наплавки под флюсом и в смеси  $Ar+CO_2$ , а также термической обработки. В 1997 г. проволокой Нп–15Х14ГН2М1ФБ (ТУУ 19369185.018–97), являющейся первой модификацией проволоки ВЕЛТЕК–Н470, были наплавлены станочные ролики для Швеции. С 1998 г. по настоящее время постоянным потребителем проволоки для наплавки роликов МНЛЗ являются ММК им. Ильича и МК «Азовсталь».

В данный период по результатам эксплуатации роликов МНЛЗ отработаны оптимальные содержание и соотношение легирующих элементов, которые воплощены в проволоке марки ВЕЛТЕК–Н470 (ТУУ 28.7–31749248–006–2003), а также в технологии и технике наплавки. Это позволяет стабильно получать наплавленный металл с мартенситной структурой и незначительной долей δ-феррита, обладающий высокими эксплуатационными свойствами. Однородность химического состава наплав-

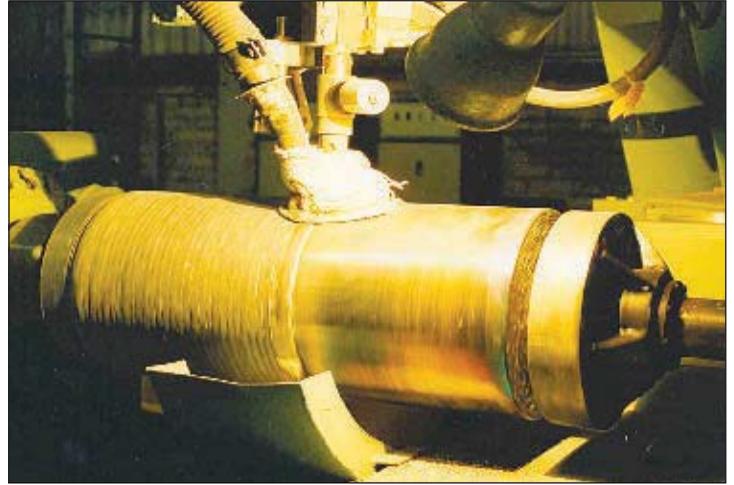


Рис. 1. Наплавка ролика МНЛЗ

ленного металла и его стабильное воспроизводство достигнуты путем разработки и реализации комплекса технологических мероприятий по подготовке компонентов и изготовлению порошковой проволоки. При разработке композиции сердечника проволоки реализованы металлургические и технологические приемы для снижения содержания водорода и примесей в наплавленном металле, обеспечения легкой отделимости шлаковой корки с горячей поверхности наплавленного металла. Сопоставительные испытания отечественной и зарубежной наплавочной порошковой проволоки показали, что наиболее высоким эксплуатационным качеством обладает порошковая проволока WLDC–3 в сочетании с флюсом Universal (Weldclad, Великобритания) и проволока 4142MMS в сочетании с флюсом WAF–325 (Welding Alloys, Великобритания). Эти проволоки были приняты как эталон при стендовых испытаниях опытных образцов в процессе разработки порошковой проволоки ВЕЛТЕК–Н470. Сопоставительные испытания порошковой проволоки ВЕЛТЕК–Н470 показали, что характеристики наплавленного слоя находятся на уровне проволоки ведущих зарубежных компаний ОК15.73 (ЭСАБ), 4142MM–S (Welding Alloys), WLDC–3 (Weldclad). Наплавку роликов выполняли на установке, разработанной и изготовленной специалистами НКМЗ (рис. 1). Установка оснащена механизмами задания положения проволоки, поперечных колебаний проволоки, перемещения головки, приборами контроля режима наплавки, скорости перемещения, контактными термодарами для контроля межваликовой температуры в процессе наплавки. На каждый наплавленный ролик оформляется протокол с указанием резуль-



Рис. 2. Шестиручьевая сортовая машина непрерывного литья заготовок

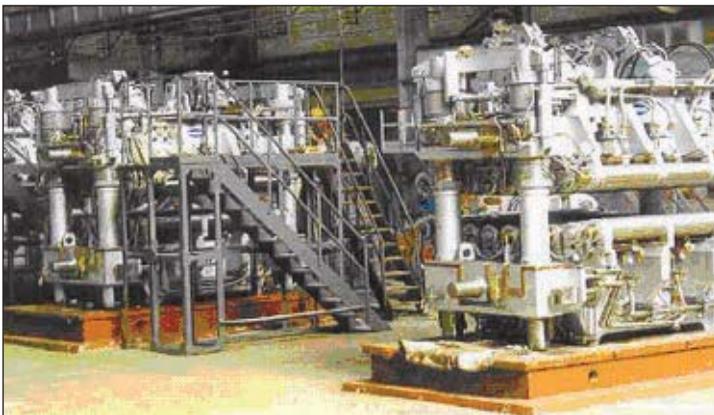


Рис. 3. Сегменты рам слябовых машин

татов испытания механических свойств наплавленного металла, режимов термической и механической обработки.

Для наплавки роликов шестиручьевой сортовой машины непрерывного литья заготовок (рис. 2) применена порошковая проволока ВЕЛТЕК–Н500 в сочетании с защитой флюсом. Система легирования отработана на базе проволоки 35В9ХЗСФ с целью повышения разгаро- и теплостойкости наплавленного металла в соответствии с требованиями НКМЗ.

**Опорные поверхности подшипников рам слябовых МНЛЗ** подвержены значительным динамическим контактными нагрузкам и коррозии, что может привести к изменению размера сляба, а следовательно к браку продукции. Поэтому для упрочнения этих поверхностей выполняют наплавку коррозионнотойким сплавом с более высокой, чем основной металл, твердостью. Для оптимизации соотношения «цена–свойства» взамен электродов ЦН–6Л «ТМ.ВЕЛТЕК» разработал порошковую проволоку ферритно-мартенситного класса для наплавки в  $\text{CO}_2$  или смеси  $82\% \text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$ , получившую наименование ВЕЛТЕК–Н472 (ТУУ 28.7–31749248–006–2003). Антикоррозионные свойства наплавленного металла обеспечены за счет содержания более 13% хрома, карбиды хрома обуславливают заданную твердость наплавленного слоя. С использованием этой проволоки наплавлено уже более 400 рам сегментов МНЛЗ (рис. 3). Технология наплавки опорных поверхностей предусматривает предварительный нагрев до  $150^\circ\text{C}$ , нанесение двух слоев на режиме  $I=260\text{...}300\text{ A}$ ,  $U=26\text{...}27\text{ В}$ . Для наплавки использовали серийные полуавтоматы ПДГ516 с источником питания ВДУ506. Применение порошковой проволоки ВЕЛТЕК–Н472 повышает производительность процесса, снижает энергоемкость, трудозатраты и расход наплавочного материала с 1,7 до 1,16 кг/кг, повышает технологичность процесса наплавки вследствие высокой стойкости против образования трещин. Машины непрерывного литья заготовок с маркой НКМЗ успешно эксплуатируют в США, Германии, России, Украине.

**Опорные поверхности бандажей миксеров-чугуновозов** — еще один объект, на котором применена наплавка порошковой проволокой, разработанной «ТМ.ВЕЛТЕК» (рис. 4). Поверхности бандажей испытывают высокие контактные нагрузки от упорных роликов в моменты торможения и на-



Рис. 4.  
Миксер–600

чала движения, в связи с чем необходимо обеспечить твердость их поверхности до 300–320 НВ на значительную глубину.

Традиционно на НКМЗ кольца бандажей упрочняли ручной дуговой наплавкой электродами ОЗН–300У. Данный процесс весьма трудоемкий и не может обеспечить возросшие требования к качеству напавленной поверхности.

Проблема была решена за счет применения механизированной наплавки в среде  $CO_2$  порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н290 диаметром 1,6 мм. Упрочняющий слой толщиной 125 мм выполнили многопроходной наплавкой на режиме  $I=300$  А,  $U=28$  В с применением предварительного нагрева и замедленного охлаждения после наплавки. Для наплавки использовали серийные полуавтоматы ПДГ516 с источниками питания ВДУ–506. По сравнению с покрытыми

электродами ОЗН–300У увеличена производительность процесса наплавки в полтора раза при высоком качестве напавленного слоя.

Сотрудничество специалистов сварочного производства НКМЗ и специалистов СП «ТМ.ВЕЛТЕК» обеспечивает заводу возможность качественного выполнения ответственных заказов, а «ТМ.ВЕЛТЕК» – разработку и испытание в реальных условиях порошковой проволоки нового поколения.

Порошковую проволоку изготавливают серийно согласно ГОСТ 26101–84 и действующей нормативно-технической документации, продукция сертифицирована УкрСЕПРО, 12.04.2004 г. ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» выдан сертификат на систему управления качеством и изготовление продукции согласно ДСТУ ISO 9001–2001 на каждую марку проволоки.

● #751



# Наплавка элементов силовой гидравлики механизированных крепей

Л. Н. Орлов, А. А. Голякевич, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев),  
Д. П. Новикова, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

*В настоящее время актуальна задача капитального ремонта горно-шахтного оборудования, в частности ремонта и замены штоков и плунжеров стоечно-домкратной группы. На рабочих поверхностях штоков и плунжеров формируются отложения продуктов обменных реакций с шахтными водами и образуются вмятины от ударов угля и породы, что приводит к повреждению уплотнительных элементов и выходу из строя гидроаппаратуры.*

Известны технологии восстановления и изготовления штоков и плунжеров с применением хромирования и наплавки сплошной проволокой Св-08Х20Н10Г7Т под флюсом. В условиях действующих в Украине заводов, специализирующихся на ремонте шахтного оборудования, применение хромирования нереально ввиду отсутствия такого производства и нецелесообразно из-за его высокой экологической вредности, а также склонности хромового покрытия к образованию местных повреждений из-за его недостаточной толщины. Применение наплавки проволокой Св-08Х20Н10Г7Т нецелесообразно вследствие низкой твердости наплавленного слоя, недостаточной стойкости к образованию забоин от ударов породы и угля даже после дополнительной

обкатки наплавленного слоя, а также из-за высокой стоимости проволоки.

ООО «ТМ.Велтек» предложило восстанавливать штоки и плунжеры с применением дуговой наплавки порошковой проволокой под флюсом. Работу выполняют в комплексе: порошковая проволока—наплавка—оборудование—оператор наплавочной установки. Штоки и плунжеры изготавливают из улучшенной стали 30ХГСА, которую классифицируют как ограниченно свариваемую, склонную к закалке и формированию в зоне термического влияния малопластичных структур, к возможному образованию холодных трещин при неблагоприятном термическом цикле при наплавке. Оптимизированы режимы наплавки, которые обеспечивают уменьшение проплавления основного металла и металла ЗТВ, незначительное увеличение размера зерна на участке перегрева с 9-го до 7-го балла. Оптимизация тепловложения в сочетании с сопутствующим охлаждением наплаваемой детали позволяют поддерживать заданный термический цикл наплавки и ограничивать влияние автонагрева. В данных условиях был получен наплавленный слой с твердостью в пределах 40–45 HRC<sub>3</sub>. Отработаны режимы сопутствующего охлаждения детали как водой, так и воздухом. Наплавку выполняли по винтовой линии со скоростью 50–75 м/ч при величине перекрытия валиков 0,4–0,5. В процессе наплавки контролировали температуру детали.

Для реализации данной технологии ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработана порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н425 (ТУУ 28.7–31749248–011:2007). Легирование наплавленного металла хромом, никелем и молибденом при заданном термическом цикле наплавки обеспечивает получение хромистого металла с мартенситно-ферритной структурой и твердостью 40–45 HRC<sub>3</sub> (рис. 1). По результатам испытаний на коррозионную стойкость образцов наплавленного металла в условиях воздушно-капель-

Рис. 1. Микроструктура наплавленного металла (×1000)



ного воздействия шахтных вод оптимизировано содержание хрома в наплавленном металле. Повышению коррозионной стойкости способствует диспергирование первичной структуры и снижение содержания вредных примесей в пределах  $S \leq 0,015\%$ ,  $P \leq 0,015\%$ . При макро- и микроструктурном исследовании образцов, вырезанных из наплавленных деталей, внутренних и внешних дефектов типа пор, трещин и несплавлений не обнаружено.

Объекты наплавки представляют собой цилиндрические детали диаметром 60–300 мм и длиной до 1300 мм. Несмотря на большой опыт применения автоматической наплавки тел вращения был проведен комплекс работ по оптимизации параметров наплавки (сила тока и напряжение дуги, скорость наплавки, величина перекрытия, глубина проплавления), а также элементов техники наплавки (диаметр проволоки и ее ориентация) и условий подвода и отвода теплоты, при которых обеспечивается устойчивое формирование наплаваемого металла (рис. 2). Особенно это актуально для деталей трубчатой конструкции диаметром 60–100 мм. Достигнута стабильная наплавка кольцевыми валиками по винтовой линии обработки 1,0 мм.

Проплавление основного металла стабильно в пределах 1,0–1,5 мм по длине изделия в зависимости от диаметра детали и режима наплавки. Отсутствует поводка и коробление наплаваемой детали. Композиция порошковой проволоки ВЕЛТЕК–Н425 обеспечивает стабильное формирование наплавленного металла и самопроизвольное отделение шлаковой корки в течение всего времени наплавки (рис. 3).

Разработаны технологии однослойной и двухслойной наплавки. Опыт реализации этих вариантов показал перспективность двухслойной наплавки за счет снижения проплавления основного металла и автонагрева. Отработана наплавка внутренних поверхностей проволокой ВЕЛТЕК Н425М под флюсом АН26П.

Для реализации данной технологии наплавки потребовалась модернизация наплавочного оборудования. Специализированная установка для наплавки разработана и изготовлена специалистами ремонтного завода. Электроприводы вращения изделия, перемещения наплавочной головки и подачи проволоки обеспечивают плавную регулировку и поддержание заданных параметров. Установка укомплектована механиз-



Рис. 2. Внешний вид поверхности наплавленного плунжера



Рис. 3. Рабочий момент наплавки плунжера

мом подачи проволоки ПДГО 602, источником питания ВДУ1000, устройством подачи и удержания флюса, как для внешней так и для внутренней наплавки. Применение ВДУ1000 обусловлено высоким коэффициентом использования оборудования при трехсменной работе. Участок наплавки укомплектован восемью установками. Одним из важных факторов, обеспечивающих высокое качество наплавки и стабильность работы участка, являлась подготовка операторов наплавочных установок. В настоящее время квалифицированный оператор обслуживает одновременно 2–3 установки в течение смены.

Контроль качества наплавленных деталей показал соответствие характеристик наплавленного металла требованиям к износу и коррозионной стойкости, а также отсутствие в наплавленном металле дефектов. В настоящее время наплавлено более 50 000 деталей. Анализ эксплуатации крепей в условиях забоя подтвердил высокую стойкость штоков и плунжеров.

● #915

# Наплавочные технологии, оборудование и материалы — эффективный инструмент сокращения расходов на промышленных предприятиях

В. И. Титаренко, А. В. Титаренко, О. В. Ткаченко, ООО НПП «Реммаш» (Днепропетровск),  
А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, С. П. Гилюк, ООО «ТМ ВЕЛТЕК» (Киев)

*Вопрос сокращения текущих расходов на предприятиях всегда актуален для решения вопроса повышения рентабельности любого производства, особенно в кризисной ситуации, когда снижение текущих затрат является одним из основных направлений для выживания как отдельных предприятий, так и целых отраслей промышленности.*

Одной из основных расходных статей для поддержания жизнедеятельности любого производства являются затраты, связанные с ремонтом машин и агрегатов, обеспечение их запасными деталями и узлами.

В вопросе значительного уменьшения этой статьи расходов большую помощь оказывает технология восстановительной и упрочняющей наплавки. Наплавка находит широкое применение как при изготовлении новых деталей, так и при ремонте вышедших из строя. При изготовлении детали из углеродистой стали с применением наплавки на ее рабочую поверхность можно нанести сплав, обладающий необходимым для этой детали комплексом свойств: износостойкостью, жаропрочностью, термостойкостью, коррозионной стойкостью и др. Наплавка при ремонте позволяет многократно восстанавливать первоначальные размеры

изношенных деталей, при этом, правильно выбрав наплавочный материал и технологию, можно не только обеспечивать эксплуатационные характеристики на уровне новых деталей, но даже превзойти их. Так как масса наплавленного металла обычно не превышает нескольких процентов от массы наплавляемой детали, используя восстановительную наплавку, можно многократно восстанавливать изношенные детали, экономить большие средства на их приобретении или металл и затраты на их изготовления. Используя упрочняющую наплавку при изготовлении деталей, можно значительно уменьшить расход дорогостоящих высоколегированных сталей и сплавов.

Кроме этого, в результате увеличения упрочняющей наплавкой срока службы деталей, узлов и механизмов, от которых зависит работа высокопроизводительного оборудования, сокращается время и количество ремонтных простоев и тем самым повышается производительность агрегатов и уменьшаются затраты на ремонты. Это обуславливает большую экономическую и техническую эффективность наплавки в металлургии, горнодобывающей промышленности, на транспорте и в других отраслях промышленности, где большое количество деталей работают в тяжелых условиях, быстро выходят из строя и требуют замены.

Средне приведенные данные эффективности наплавки показывают, что наплавочные технологии, оборудование и материалы позволяют:

- заменить восстановительной наплавкой одного килограмма наплавочного материала приобретение 20–25 кг новых деталей;
- заменить упрочняющей наплавкой одного килограмма наплавочного материала приобретение 60–75 кг новых деталей;

Рис. 1.  
Наплавка ролика рольганга на установке РМ-УН5



- упрочняющей наплавкой увеличить срок службы деталей в 2–5 раз;
- вложив 1 грн. в наплавку, получить от 5 до 10 грн. экономии.

Кроме этого, наплавка имеет природоохранное и ресурсосберегающее значение, так как при использовании 1 кг наплавочного материала позволяет экономить: 70–100 кг агломерата, 20–30 кг кокса, 4–5 кВт электроэнергии, 6–8 м<sup>3</sup> природного газа.

Объединение предприятий «Реммаш», более 10 лет занимающееся разработкой и изготовлением наплавочного оборудования и материалов, имеет много высокоэффективных разработок, позволяющих экономить на приобретении десятков и сотен тонн деталей, уменьшать простои оборудования, повышать производительность и получать многомиллионную экономию.

К наиболее эффективным установкам можно отнести следующие.

**PM–УН5** (рис. 1) предназначена для наплавки деталей длиной до 4 м, диаметром до 1200 мм, массой до 5 т. Конструкция установки позволяет наплавлять широкую номенклатуру цилиндрических деталей, включающую ролики рольгангов, валы и валки различных типоразмеров и назначения, крановые колеса, тормозные шкивы и многое другое. Наплавку можно производить цельнотянутой и порошковой проволокой, а также различного типа лентами под флюсом или самозащитными материалами. При комплектации установки столом для наплавки плоских деталей можно также наплавлять плоские детали массой до 2 т, длиной 2000 мм, шириной 1000 мм. Установка отличается от аналогов (УМН–4) наличием более объемного флюсобункера наплавочного автомата, флюса в котором хватает на наплавку без перерыва и дозагрузки на одну рабочую смену, а также наличием механизма удаления шлака, вибрационного конвейера для уборки с разделением флюса и шлака и системы подачи просеянного флюса в флюсобункер для повторного использования. Это позволяет освободить наплавщика от вспомогательных операций, сконцентрировав внимание на наплавке, повысив в целом производительность и качество наплавки. Установку применяют на металлургических предприятиях. Две установки PM–УН5 работают на ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог». При двухсменной работе, пятидневной рабочей неделе и минимальной производительности 12 т наплавленного металла в год установка



PM–УН5 позволяет получить экономию 1,5–2 млн. грн.

**PM–15** (рис. 2) — универсальная установка для наплавки канатных блоков диаметром до 2500 мм и других цилиндрических и плоских деталей.

Установку разрабатывали для восстановления наплавкой быстроизнашивающихся деталей горно-обогажительных комбинатов, прежде всего, различного типа канатных блоков шагающих экскаваторов. Кроме того, установка PM–15 позволяет наплавлять такие детали, как бронзовые втулки механизма шагания экскаваторов, очистители барабанов конвейеров и многое другое. Для этого входящий в комплектацию наплавочный автомат установлен на подвижной траверсе поворотной колонны, позволяющей обслуживать два рабочих места: наплавку цилиндрических деталей, закрепленных в сварочном вращателе, и плоских деталей, установленных на столе. Такая комплектация дает возможность максимально загрузить установку и обеспечить высокую эффективность ее работы. Первую такую установку успешно эксплуатируют на ОАО «ОГЮК» в Орджоникидзе. При двухсменной работе, пятидневной рабочей неделе и минимальной производительности 52 восстановленных блока в год можно получить экономию 1,0–1,5 млн. грн.

**PM–9** (рис. 3) — для автоматической наплавки гребней железнодорожных колесных пар. Наплавка гребней в 3,5 раза снижает темпы обточки восстанавливаемых ободьев железнодорожных колес и увеличивает срок службы колесных пар на 50–60%.

Установку разрабатывали для нужд предприятий горно-металлургического комплекса, имеющих на своей территории

Рис. 2. Наплавка канатного блока шагающего экскаватора на установке PM–15

густую сеть железных дорог и владеющих большим количеством железнодорожного транспорта, куда наряду с тепловозами и товарными вагонами входит спецподвижной состав, состоящий из слитковозов, чугуновозов, шлаковозов. И если на «Укрзалізниці» проблема ремонта восстановительной наплавкой гребней колесных пар решена в ремонтных депо с использованием установки КТ-68, то использовать ее на горно-металлургических предприятиях не позволяет узкая специализация этой установки — только для наплавки колес товарных вагонов без букс. Поэтому установка РМ-9 открыла перед металлургами возможность восстановления колесных пар всего парка вагонов и спецподвижного состава. При этом в отличие от КТ-68 данная установка универсальна, позволяет наплавлять железнодорожные колесные пары различного типа (как с буксами, так и без них). К преимуществам установки можно также отнести: регулируемую скорость наплавки, системы автоматического управления наплавкой, наличие системы сбора, переработки и подачи для повторного использования отработанного флюса. Первая установка РМ-9 работает в железнодорожном цехе ОАО «Никопольский завод ферросплавов». Даже при наплавке одной колесной пары в смену (потенциал три) и односменной работе можно восстанавливать в год более 150 колесных пар и получить годовой эффект более 3 млн. грн.

**РМ-04, РМ-05, РМ-06** — для автоматической дуговой наплавки колес грузоподъемных кранов.

Грузоподъемные краны имеются практически на каждом предприятии в количестве от одного или нескольких до сотен или

даже тысяч (на крупных металлургических комбинатах). И одной из наиболее часто выходящих из строя деталей кранов являются их ходовые колеса. При этом в зависимости от грузоподъемности, состояния подкрановых рельсов и режима работы крана ходовые колеса до износа и необходимости замены могут служить от нескольких лет до нескольких недель. Необходимость замены вызывает износ поверхности катания колес от трения по рельсам и особенно их реборд. Вышедшие из строя колеса можно заменить новыми или восстановленными наплавкой. Исходя из наличия различного по составу кранового хозяйства и технических возможностей предприятий, было разработано три типа наплавочных установок. Это позволяет каждому предприятию, которое планирует приступить к восстановлению колес или расширить их номенклатуру и количество, в зависимости от количества колес, требующих восстановления, а также варианта восстановления (на осях или без осей) и необходимости наплавлять другие цилиндрические детали выбрать оптимальный для них вариант установки. Так, установка РМ-04 предназначена для наплавки крановых колес диаметром до 1200 мм как на осях, так и без них, а также других цилиндрических деталей диаметром до 1200 мм, длиной до 2000 мм, массой до 2 т. Установки РМ-05 и РМ-06 предназначены для наплавки крановых колес без осей (на технологической оснастке). При этом установка РМ-05 оборудована универсальным вращателем, что позволяет ось вращения наплавляемой детали наклонять под углом 135° и использовать установку также для наплавки деталей, требующих такого наклона. Установка же РМ-06 (наиболее простой и дешевый вариант) оборудована горизонтальным вращателем, обеспечивающим вращение детали только вокруг горизонтальной оси. В дополнительную номенклатуру деталей, наплавляемых на каждой из перечисленных установок, могут быть включены другие детали в соответствии с техническими характеристиками установок.

Восстановительная наплавка крановых колес с использованием высокоэффективной порошковой проволоки ВЕЛТЕК-Н300-РМ и ВЕЛТЕК-Н350-РМ позволяет обеспечить срок службы восстановленных колес на уровне вновь изготовленных с термической обработкой. При средней производительности наплавки одно колесо в смену и двухсменном режиме работы на

Рис. 3. Наплавка гребней железнодорожной колесной пары на установке РМ-9



одной установке можно восстановить более 500 штук колес в год. При такой средней производительности годовая экономия от восстановления крановых колес на одной установке составит 1,2–1,3 млн. грн.

**PM-165 (рис. 4) и ИЗРМ-5 (рис. 5)** — для автоматической дуговой наплавки малогабаритных цилиндрических деталей диаметром до 500 мм, длиной до 1000 мм, массой до 120 кг. Промышленные предприятия эксплуатируют большое количество оборудования, в котором работают быстроизнашивающиеся малогабаритные детали. В гидравлическом оборудовании — это плунжеры, в агломерационном и прокатном — различного типа и назначения ролики, в волоочильном — барабаны и т. д. В основном это детали цилиндрической формы диаметром до 500 мм, длиной до 1000 мм и массой до 100 кг. Использовать универсальные установки типа PM-УН5 для наплавки деталей длиной до 4000 мм, массой до 5 т нецелесообразно и затруднительно, так как требует применения наплавочной проволоки диаметром 2,0–3,0 мм. Поэтому были разработаны два типа наплавочных установок для наплавки таких малогабаритных деталей. Установка PM-165 — для наплавки порошковой самозащитной проволокой цилиндрических деталей длиной до 500 мм, диаметром до 400 мм, массой до 60 кг и универсальная установка ИЗРМ-5 — для наплавки под флюсом в среде защитных газов самозащитной проволокой цилиндрических деталей диаметром до 500 мм, длиной до 1000 мм, массой до 120 кг. Установки PM-165 успешно эксплуатируют для наплавки деталей металлургического оборудования на ОАО «Днепропетровский меткомбинат» (Днепропетровск), а установка ИЗРМ-5 применяется на ООО «Данко-Изол» (Донецк) для восстановления наплавкой колес центрифуги для разбрызгивания расплава базальта.

Использование этих установок только для восстановительной наплавки (упрочнение еще более эффективно) при работе установок в две смены позволит восстанавливать в год более 100 т малогабаритных деталей. Годовой эффект от работы одной установки, полученный от сокращения затрат на приобретение новых деталей, составит 0,8–1,0 млн. грн.

**PM-10 (рис. 6)** — для наплавки прокатного инструмента диаметром до 600 мм, длиной до 2000 мм, массой 5 т. На установке можно наплавлять прокатные валки и



Рис. 4. Наплавка ролика МНЛЗ на установке PM-165



Рис. 5. Наплавка барабана волоочильного стана на установке ИЗРМ-5

правильные ролики сортовых прокатных станов. Наплавляемые детали закрепляют либо в оснастке на планшайбе вращателя, либо в центрах вращателя и задней стойки. Наплавочный автомат установлен на передвигающейся вертикально и горизонтально траверсе стационарной поворотной колонны. При наплавке калиброванных роликов и валков длиной до 1000 мм для удобства наплавки детали, закрепленные в оснастке на планшайбе вращателя, можно поворачивать вверх и вниз на угол до 30°. Установка оборудована электромагнитным индуктором токов промышленной частоты для предварительного и последующего нагрева наплавляемых деталей, а также системой сбора, просева и подачи во флюсобункер наплавочного автомата отработанного флюса



Рис. 6. Наплавка сорто-правильных роликов на установке РМ-10

для повторного использования. При средней производительности 6 т наплавленного металла в год и односменной работе установка РМ-10 позволяет получить годовую экономию более 1,5 млн. грн.

Установку РМ-10 успешно эксплуатируют на ОАО «ДМКД».

Эффективность наплавки подтверждают внедренные ОП «Реммаш» совместно с ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» новые технологии и разработки:

- разработка и внедрение новой технологии наплавки прокатных валков клетки Эджера на ОАО «Запорожсталь» с применением наплавочной порошковой проволоки ВЕЛТЕК-Н550-РМ позволили увеличить срок службы валков в 3 раза;
- разработка и внедрение на ОАО «Днепропетровский меткомбинат» новой технологии упрочняющей наплавки кернов клещевых кранов и губок стрипперного крана с использованием порошковой самозащитной проволоки ВЕЛТЕК-Н480С дали возможность увеличить срок службы кернов и губок в 4–5 раз, значительно сократить их расход и затраты, связанные с остановкой агрегатов для их замены;
- разработка и внедрение на ОАО «Днепропетровский меткомбинат» технологии восстановления прокатных валков трубозаготовочного стана упрочняющей наплавкой с разработанной для этой цели порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н370-РМ позволили в два раза увеличить межремонтный период работы валков и объем прокатываемого в период между ремонтами металла, а также сократить на 10–15% количество приобретаемых новых валков;

- разработка и внедрение новой технологии наплавки стальных прокатных валков на ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог» с применением порошковой проволоки ВЕЛТЕК-Н505-РМ позволили в 2–3 раза уменьшить остановки прокатных станов для трудоемкой зачистки валков от шипов, увеличить объем прокатки одной пары валков между ремонтами на 10–20%, уменьшить в 3–4 раза трещинообразование на калибрах и глубину их проникновения, уменьшив при этом трудоемкость ремонта валков и в целом увеличить на 20–30% объем металла, прокатываемого одной парой валков до их отбраковки;
- разработка и внедрение на ОАО «ДМКД» технологии восстановительной наплавки крановых колес с использованием разработанной для этой цели порошковой проволоки ВЕЛТЕК-Н350-РМ, позволили увеличить срок службы восстановленных колес в 1,5–2 раза.

Вместе с тем необходимо учитывать, что максимальный и быстрый эффект от наплавки можно получить только в том случае, если будет достигнуто комплексное сочетание правильно выбранного наплавочного оборудования, материалов и технологий. При этом к достижению такой оптимизации можно идти независимо от технического уровня и подготовки конкретного предприятия для внедрения конкретных технологий, материалов или оборудования. Однако необходимо максимально использовать уже имеющуюся на конкретном предприятии техническую базу и оборудование для наплавки, чтобы затраты на комплексное внедрение технологии свести к минимуму. ООО «НПП Реммаш» имеет опыт различных вариантов организации работ по внедрению.

Первым таким вариантом является ситуация, при которой у предприятия, которое собирается внедрять конкретную технологию наплавки, имеются наплавочные материалы и технология, но нет требуемых или нет достаточного количества наплавочных станков. В таком случае ООО «НПП Реммаш» по техническому заданию заказчика разрабатывает и изготавливает только наплавочные станки. Таким образом решался вопрос дооснащения ОАО «АМКР» наплавочными установками РМ-УН5 с целью расширения номенклатуры и объема наплавляемых деталей и оснащения ОАО «ОГОК» установкой РМ-15 для наплавки канатных блоков.

Другим является вариант, когда перед заказчиком стоит задача повышения срока службы какой-то детали или группы деталей, а устаревшее или некомплектное оборудование и отсутствие соответствующих наплавочных материалов не позволяют это сделать. В таком случае ООО «НПП Реммаш» берет на себя модернизацию и дооснащение имеющегося у заказчика оборудования, разработку и изготовление наплавочных материалов и внедрение технологий. Примерами реализации такой схемы является комплекс работ, выполненный на ОАО «ДМКД» при восстановлении валков трубнозаготовочного стана.

Третий вариант — предприятие-заказчик, имея проблемы с низким сроком службы группы деталей, заказывает разработку и изготовление необходимого наплавочного материала, беря на себя решение вопросов модернизации имеющегося у него оборудования для внедрения соответствующей технологии упрочнения или восстановления. Таким образом была разработана для ОАО «ДМКД» порошковая проволока ВЕЛТЕК–Н480С, ВЕЛТЕК–Н300–РМ и ВЕЛТЕК–Н350–РМ и вместе со специалистами комбината было модернизировано оборудование и внедрены технологии упрочнения кернов клещевых кранов, губок стриперного крана, крановых колес.

Четвертый вариант — у заказчика есть проблема, но нет ни оборудования, ни материалов, ни технологии. В таком случае ООО «НПП Реммаш» берет на себя решение всего комплекса вопросов: разрабатывает технологии, изготавливает оборудование, готовит материалы и поставляет все заказчику, оказывает помощь во внедрении. Так были выполнены работы по внедрению технологии восстановительной наплавки гребней железнодорожных колесных пар с использованием установки РМ–9 на ОАО «НЗФ» (Никополь) и технологии восстановительной наплавки колес центрифуги для разбрызгивания расплава базальта с помощью установки ИЗРМ–5 на ООО «Данко-Изол» (Докучаевск).

Во всех приведенных примерах правильная постановка задачи и хорошая организация при ее решении позволили в среднем за полгода пройти путь от постановки задачи до начала внедрения, включая разработку наплавочных установок и материалов и их изготовление. Такое оперативное решение достигалось, с одной стороны, тесной совместной работой руководства и специалистов

предприятий-заказчиков с ООО «НПП Реммаш», с другой стороны ООО «НПП Реммаш» с предприятиями — стратегическими партнерами. Стратегическими партнерами ООО «НПП Реммаш» в выполнении этих работ являлись ведущие в своих направлениях предприятия Украины. При разработке и изготовлении комплексов, станков и установок ООО «НПП Реммаш» тесно сотрудничал с украинским лидером в области механического сварочного оборудования — ОАО «Ильницкий завод механического сварочного оборудования», выступавшим в качестве соразработчика и соизготовителя нескольких установок и участвовал в комплектации практически всех установок. Для разработки и изготовления наплавочных материалов ООО «НПП Реммаш» привлекал двух ведущих украинских производителей сварочно-наплавочных материалов: ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» — изготовителя порошковой проволоки и ООО «Доникс» — изготовителя цельнотянутой проволоки. Совместно с ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» и во многом благодаря специалистам этого предприятия была создана высокоэффективная порошковая проволока ВЕЛТЕК–Н250–РМ, ВЕЛТЕК–Н300–РМ, ВЕЛТЕК–Н350–РМ, ВЕЛТЕК–Н500–РМ, ВЕЛТЕК–Н505–РМ, ВЕЛТЕК–Н550–РМ, которая нашла широкое применение на предприятиях для восстановления и упрочнения деталей оборудования.

Как видно из приведенной информации, потенциал наплавки далеко не исчерпан на любом промышленном предприятии, и его можно развивать, выбрав нужный вариант. При правильном выборе практически сразу обеспечивается отдача, а именно:

- сокращение расходов на приобретение новых деталей в результате увеличения количества восстанавливаемых;
- сокращение простоев оборудования и повышение производительности агрегатов в результате увеличения срока службы деталей;
- сокращение затрат на ремонты в результате увеличения межремонтного периода работы агрегатов.

Приведенные примеры эффективности наплавки при правильной организации ее внедрения и расширения применения показывают, что уже в течение года можно окупить затраты и получить эффект за счет снижения затрат на приобретение запасных частей и сменного оборудования, увеличения срока службы деталей, сокращения простоев оборудования.

● #973



# НОВАЯ ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ЭФФЕКТ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Л. С. МАЛИНОВ**, д-р техн. наук, **В. Л. МАЛИНОВ**, канд. техн. наук (Приазов. гос. техн. ун-т, г. Мариуполь),  
**Л. Н. ОРЛОВ**, канд. техн. наук, **А. А. ГОЛЯКЕВИЧ**, инж. (ООО «ТМ ВЕЛТЕК», г. Киев)

Приведены сведения о новой порошковой проволоке, не содержащей дорогих легирующих элементов. Применение проволоки обеспечивает получение в наплавленном металле структуры метастабильного аустенита и реализации деформационного мартенситного превращения в процессе эксплуатации. В результате достигается существенное повышение долговечности наплавленных деталей. Новая проволока может найти широкое применение при изготовлении быстроизнашивающихся изделий различного назначения.

*Ключевые слова*: дуговая наплавка, порошковая проволока, наплавленный металл, метастабильный аустенит, деформационное мартенситное превращение, самозакалка при нагружении

В настоящее время проблема ресурсосбережения приобретает все большую актуальность. Одним из направлений ее решения является повышение долговечности деталей, восстанавливаемых автоматической электродуговой наплавкой, в частности, тяжелонагруженных колес кранов металлургических цехов. Значительное повышение ресурса восстанавливаемых деталей достигается с помощью наплавочных материалов. Благодаря им обеспечивается получение в наплавленном металле структуры сильноупрочняющегося метастабильного аустенита, который превращается в мартенсит под влиянием деформации при нагружении в процессе эксплуатации, что классифицируется как эффект самозакалки при нагружении [1]. Первые наплавочные материалы, обеспечивающие получение в наплавленном металле метастабильного аустенита, разработаны М. И. Разиковым с коллективом сотрудников в начале 1960-х годов [2] на основе кавитационностойкой стали 30X10Г10, созданной И. Н. Богачевым и Р. И. Минцем [3]. Эти наплавочные материалы применяли главным образом для повышения долговечности деталей гидроагрегатов, а позднее для наплавки различных быстроизнашивающихся деталей, работающих в условиях сухого трения, в частности, крановых колес. Особенностью наплавки такими материалами является то, что при несоблюдении ряда условий может произойти охрупчивание наплавленного слоя из-за образования аустенитно-мартенситной структуры, которая характеризуется высокой твердостью. С целью ис-

ключения этого наплавку следует выполнять при относительно малых значениях тока, напряжения на дуге, но с повышенной скоростью, образованием узких валиков, их прерывистостью, что значительно усложняет технологию. Кроме того, наплавленный металл плохо обрабатывается резанием [4] вследствие интенсивного образования мартенсита под воздействием инструмента (мартенсит деформации). В условиях трения при высоком давлении износостойкость высоколегированного наплавленного металла системы Fe-Cr-Mn в значительной степени определяется способностью к упрочнению самого аустенита, которая зависит от содержания в нем углерода и интенсивности образования мартенсита деформации [5]. Важно отметить, что за счет выбора рационального состава наплавочного материала и режима термообработки после наплавки, можно оптимизировать развитие мартенситного превращения при нагружении, поскольку в этом случае удастся достичь наиболее высокого уровня износостойкости наплавленных деталей.

Разработана новая порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н285С (Fe-Cr-Mn), которая в значительной степени лишена указанных недостатков. Соотношение углерода, хрома и марганца выбрано таким, что непосредственно после наплавки достигается повышенная стабильность аустенита наплавленного металла по отношению к  $\gamma \rightarrow \alpha'$ -превращению по сравнению с известными наплавочными материалами данного типа. По этой причине существенно упрощается технология наплавки и улучшается обрабатываемость резанием, что способствует более широкому применению разработанной порошковой проволоки. Необходимая интенсивность протекания деформа-

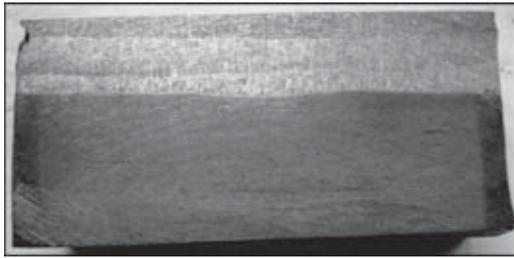


Рис. 1. Макроструктура (X16) наплавленного металла, полученного при использовании новой порошковой проволоки

ционного мартенситного превращения при эксплуатации достигается в результате термообработки, которая осуществляется после наплавки для снятия внутренних напряжений.

Оптимальный режим наплавки проволокой диаметром 3,6 мм следующий:  $I = 350...400$  А;  $U = 35...40$  В;  $v_n = 40...45$  м/ч. Использовали флюсы АН-26 и РЕКОРД SK EN-760. При этом обеспечивается хорошее формирование слоев наплавленного металла и соединение их между собой, а также с основным металлом. Непровары, шлаковые включения и трещины отсутствуют (рис. 1). Отделимость шлаковой корки хорошая. При наплавке разработанной порошковой проволокой слои наплавленного металла имеют аустенитную структуру с дисперсными карбидами, которые располагаются внутри зерен (рис. 2). Микротрещины в наплавленном металле не образуются. Вблизи линии сплавления с основным металлом (сталь 65Г) обнаружена структура аустенита с тро-

оститной сеткой. Основной металл вблизи линии сплавления имеет трооститную структуру.

Измерения твердости по сечению показали, что вблизи поверхности наплавленного металла она составляет  $HB\ 217...220$ , в средней части —  $HB\ 230...240$ , а у переходной зоны увеличивается до  $HB\ 280...300$ , что является следствием перераспределения углерода, хрома и марганца в зоне сплавления с основным металлом.

Как следует из результатов испытаний, износостойкость металла, наплавленного разработанной порошковой проволокой, при трении скольжения по схеме колодка-ролик и абразивном воздействии практически не отличается от таковой при наплавке проволокой Нп-30Х10Г10Т (ГОСТ 10543-98) и значительно превышает ее при использовании проволок ПП-Нп-18Х1Г1М (ГОСТ 26101-84), Св-12Х13 и Св-06Х18Н9Т (ГОСТ 224-70) (таблица). Применение разработанной порошковой проволоки системы Fe-Cr-Mn обеспечивает получение структуры метастабильного, значительно упрочняющегося при наклепе аустенита. Степень его упрочнения такая же, как и при использовании проволоки Нп-30Х10Г10Т, но максимальная твердость достигается за время в 1,5...2,0 раза большее, что обусловлено меньшей интенсивностью деформационного мартенситного превращения при применении новой проволоки. Следствием этого является более длительное протекание процесса релаксации напряжений наряду с упрочнением, что затрудняет образование

**Относительная износостойкость металла, наплавленного проволоками, применяемыми в промышленности, и разработанной порошковой проволокой**

Наплавочный материал	Режим термообработки	Относительная абразивная износостойкость	Относительная износостойкость в условиях трения скольжения
ПП-Нп-18Х1Г1М	Наплавка + отжиг при 550 °С (1 ч)	1,0	1,0
Св-12Х13	То же	1,2	1,3
Св-06Х18Н9Т	»	0,6	0,7
Разработанная порошковая проволока	Наплавка + отжиг при 600 °С (1 ч)	2,3	3,2

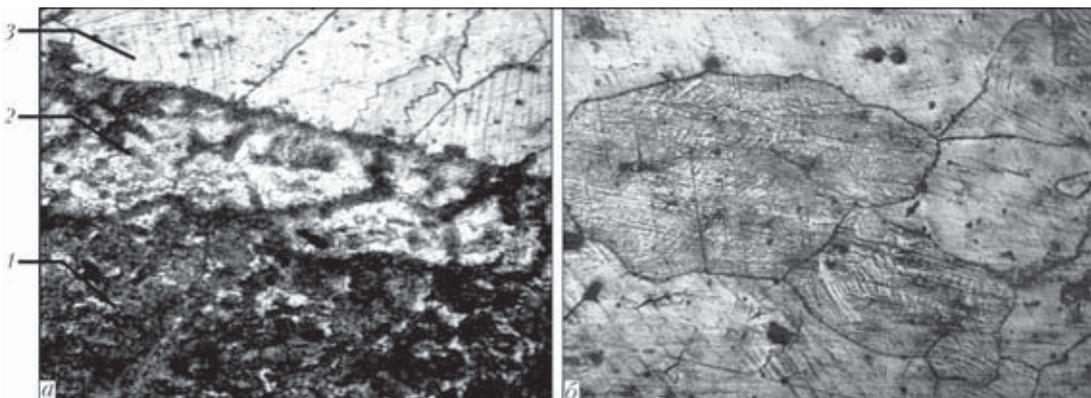


Рис. 2. Микроструктуры (X550) металла, наплавленного разработанной порошковой проволокой: а — основной металл и переходной слой (1 — основной металл — троостит; 2 — переходной слой — аустенит с трооститной сеткой; 3 — наплавленный аустенитный слой); б — аустенитная структура поверхностного слоя

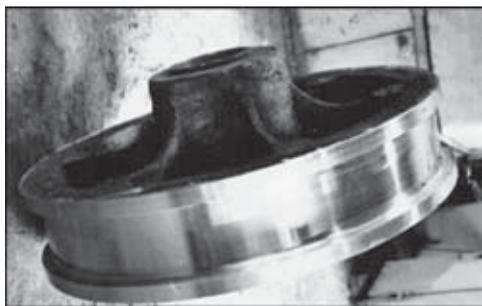


Рис. 3. Внешний вид наплавленного и обработанного колеса

и развитие трещин [6]. После отжига при температуре 600 °С, применяемого после наплавки для снятия внутренних напряжений, в аустените обнаруживается множество дисперсных карбидов, которые также способствуют повышению износостойкости. Согласно данным рентгеновского анализа, содержание мартенсита деформации на изнашиваемой поверхности после отжига наплавленного металла в 1,5...2,0 раза больше, чем без него (30...35 мас. %), что свидетельствует о его частичной дестабилизации.

Длительные промышленные испытания крановых колес, наплавленных разработанной порошковой проволокой, обеспечивающей эффект самозакалки при эксплуатации, подтвердили результаты лабораторных исследований и показали увеличение долговечности этих деталей более чем в 3 раза по сравнению с колесами, восстановленными применяемой в промышленности проволокой ПП-Нп-18Х1Г1М. Достигнутый результат был аналогичен полученному при использовании проволоки Нп-30Х10Г10Т, однако новый материал обеспечивает также несомненные технологические преимущества при наплавке. Измерение твердости рабочей поверхности колес, наплавленных новой порошковой проволокой, показало, что в процессе эксплуатации она возросла с  $HV\ 217...220$  до  $450...470$ . Это свидетельствует о реализации эффекта самозакалки в наплавленном металле в процессе работы колес, и обеспечивающей им повышение долговечности. При увеличении износостойкости крановых колес не происходит повышенного износа рельсов.

Проведение механической обработки восстановленных новой порошковой проволокой крановых колес с использованием инструмента, оснащенного твердыми сплавами, технических трудностей не вызывает. На рис. 3 представлен внешний вид наплавленного и обработанного колеса. Следует заметить, что наплавленный новой

проволокой металл обрабатывается труднее, чем при использовании проволоки ПП-Нп-18Х1Г1М. По степени обрабатываемости он близок к металлу, наплавленному проволокой Св-06Х18Н9Т.

Таким образом, разработанная порошковая проволока, обеспечивающая получение в наплавленном металле структуры метастабильного аустенита, упрочненного дисперсными карбидами, отличается хорошей технологичностью при наплавке. Использование новой порошковой проволоки благодаря эффекту самозакалки при эксплуатации позволяет существенно повысить долговечность восстанавливаемых деталей.

Разработанный наплавочный материал может иметь широкий спектр применения. Его можно использовать не только для восстановления крановых колес, но и колес железнодорожного подвижного состава предприятий, вагонеток, применяемых в карьерах, различного рода роликов, цапф сталеразливочных ковшей, быстроизнашивающихся изделий, работающих в слабоагрессивных средах, например, плунжеров гидропрессов, клапанов запорной арматуры и многих других изделий, восстанавливаемых в настоящее время низкоуглеродистыми наплавочными материалами различной степени легирования. Экономическая эффективность в данном случае определяется затратами (материальными, энергетическими, трудовыми, простоями оборудования), которые значительно превышают стоимость применяемой проволоки.

1. Багачев И. Н., Миц Р. И. Кавитационное разрушение железоуглеродистых сплавов. — М.; Свердловск: Машгиз, 1959. — 111 с.
2. Разиков М. И., Ильин В. П. Сварка и наплавка кавитационной стали марки 30Х10Г10. — М.: НИИМАШ, 1964. — 35 с.
3. Багачев И. Н., Миц Р. И. Повышение кавитационно-эрозионной стойкости деталей машин. — М.: Машиностроение, 1964. — 142 с.
4. Опыт совместных работ ОАО «Запорожсталь» и ОП «Реммаш» в разработке и внедрении новых наплавочных материалов / В. В. Тарасенко, Г. В. Хоменко, В. И. Титаренко, А. В. Титаренко // Сб. работ 2-й науч.-практ. конф. «Модернизация и переоснащение предприятий. Эффективные технологии ремонта и восстановления деталей» (в рамках Международного промышленного форума «Україндустрия-2006»), г. Днепропетровск, 11 окт. 2006 г. — Днепропетровск, 2006. — С. 39–43.
5. Малинов Л. С., Малинов В. Л. Марганецсодержащие наплавочные материалы // Автомат. сварка. — 2001. — № 8. — С. 34–37.
6. Малинов Л. С., Малинов В. Л. Экономнолегированные сплавы с мартенситными превращениями и упрочняющие технологии. — Харьков: ИНЦ ХФТИ, 2007. — 352 с.

The paper gives information on a new flux-cored wire, not containing expensive alloying elements in its composition. Wire application ensures production of a metastable austenite structure in the deposited metal and realization of deformation martensite transformation during operation. This results in an essential increase of the surfaced part fatigue life. New wire can become widely accepted in manufacture of quick-worn parts for the most diverse applications.

Поступила в редакцию 13.01.2009



## ПОРОШКОВЫЕ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ НАПЛАВКИ МОЛОТКОВ РОТОРНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ

В ряду дробильно-помольного оборудования заметное место занимают роторные дробилки. Они относятся к оборудованию ударного действия, с помощью которого процесс измельчения материала осуществляется под воздействием механического удара. Такие нагрузки могут возникнуть при взаимном столкновении частиц измельчаемого материала, их столкновении с неподвижной поверхностью (корпуса, решетки и др.), столкновении материала и движущихся рабочих органов машины.

Дробилки указанного типа просты по конструкции, компактны, имеют небольшую массу, высокие производительность и степень измельчения ( $i = 15 \dots 20$ , а иногда и до 50). К дробилкам ударного действия относятся роторная и молотковая дробилки. Основным различием между ними является способ крепления рабочего органа. В роторных дробилках закреплены жестко или практически жестко, а в молотковых — ротор состоит из насаженных на вал отдельных дисков и отделенных друг от друга дистанционными шайбами. Через расположенные по окружности отверстия в дисках проходят оси насаженных шарнирно молотков, которые при вращении вала измельчают материал. Гибкая подвеска молотков на роторе позволяет пропускать твердые, инородные предметы без вреда для дробильных элементов.

Дробилки применяются для измельчения малоабразивных материалов средней прочности и мягких материалов, а также на угольных электростанциях, предприятиях добывающей и металлургической промышленности для дробления угля, руды, известняков, мела, гипса, минералов и солей.

В зависимости от размера кусков дробимого материала и требуемой степени его измельчения применяют молотки различной формы и массы (от 3,5 до 180 кг), которые изготавливают литыми из низколегированных сталей, стали Гадфильда или стальными коваными. Как правило, для обеспечения непрерывной работы для одной дробилки имеется несколько комплектов молотков, которые восстанавливаются по мере износа и замены.

Как показал опрос значительного количества предприятий, имеющих в своем арсенале подобные дробилки, в настоящее время их восстановительный ремонт выполняется дуговой наплавкой с использованием электродов Т-590 и Т-620.

Для выполнения упрочняющей и ремонтной наплавки молотков ООО «ТМ ВЕЛТЕК» разработаны, опробованы на ряде предприятий и предлагаются для широкого применения самозащитные порошковые проволоки.

Для ремонта молотков из низколегированных сталей рекомендуется применение проволоки ВЕЛТЕК Н290 (послой) + проволока ВЕЛТЕК Н625 (упрочняющий слой), а молотков из стали Гадфильда — проволоки ВЕЛТЕК Н216 + ВЕЛТЕК Н625.

Проволоки изготавливаются диаметром 2,0 мм. Восстановление геометрии изделий выполняется ничточными швами по шаблону. Принудительное формование наплавляемого металла не требуется.



Внешний вид восстановленного молотка

В. Н. Упырь, инж.

# Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя

Л.Н. Орлов, канд. техн. наук, А.А. Голякевич, А.В. Хилько, ООО «ТМ.Велтек» (Киев), А.А. Кузубов, ЗАО «Извол», А.А. Кузубов, ООО «ТехноИнком» (Белгород)

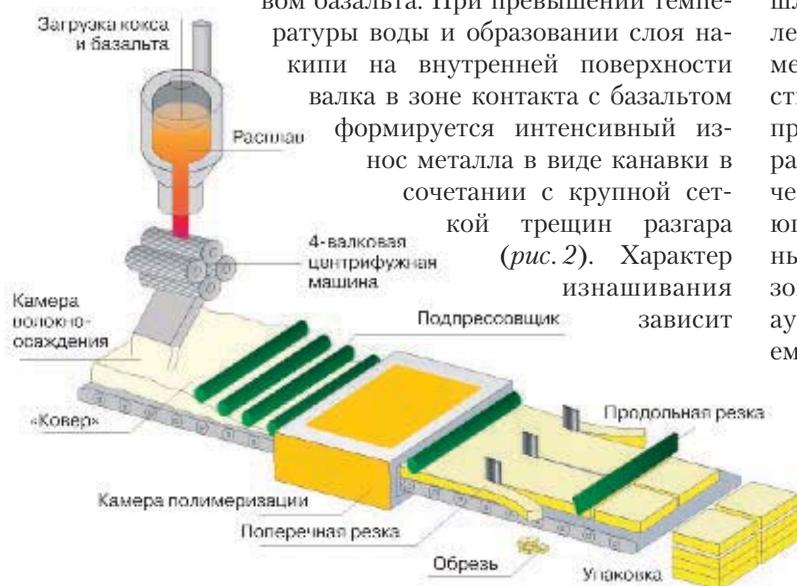
*Изделия из минеральной ваты предназначены для тепловой и звуковой изоляции, без которых невозможно гражданское и промышленное строительство любого объекта. Основным сырьем являются горные породы — базальт, диабаз, доломит, известняк и в случае необходимости доменный шлак, который используется в качестве примеси. Минеральная вата производится путем вытяжки тонких волокон из расплава смеси горных пород.*

Оборудование для производства минеральной ваты и базальтового утеплителя включает стандартный набор, в состав которого входит центрифуга (рис. 1). В массивной конструкции центрифуги установлены высокооборотные шпиндельные головки с валками, охлаждаемыми водой. В зависимости от производительности линии валки вращаются со скоростью 6000 или 9000 об/мин. Расплавленный базальт с температурой 1450–1500°C подается из печи на валки центрифуги, и под воздействием центробежных сил образуются тонкие волокна минерального утеплителя. В процессе работы наиболее интенсивно изнашивается третий валок. При оптимальной температуре и очистке воды охлаждения валка его поверхность подвергается равномерному изнашиванию с формированием грибообразного подъема металла в зоне контакта с расплавленным базальтом. При превышении температуры воды и образовании слоя накипи на внутренней поверхности валка в зоне контакта с базальтом формируется интенсивный износ металла в виде канавки в сочетании с крупной сеткой трещин разгара (рис. 2). Характер изнашивания зависит

от режима охлаждения валка, химического состава минерального расплава, химического состава охлаждающей воды и химического состава упрочняющего слоя, наплавленного на рабочую поверхность валка. Ресурс работы валков на различных предприятиях находится в пределах 40–100 ч. Для упрочнения валков при последующем ремонте в мировой практике рекомендуют применять аустенитный наплавочный материал с системой легирования типа Нп-06Х20Н10Г7. В Украине и России применяют преимущественно дорогостоящие импортные сплошные проволоки различных производителей.

В 2007 г. ООО «ТМ. Велтек» и ЗАО «Извол» (Белгород) провели комплекс совместных работ по разработке порошковой проволоки и технологии наплавки под флюсом АН26 взамен процесса наплавки импортной сплошной проволокой. В наплавленном металле не допускается присутствие дефектов в виде зашлаковок, пор и трещин. Кроме этого, наплавленный слой металла должен обладать высокой теплоустойчивостью, окислительной устойчивостью, механической прочностью при повышенных температурах. В процессе применения сплошной проволоки Нп-06Х20Н10Г7 в сочетании с флюсом АН26 ухудшается отделимость шлаковой корки, на поверхности наплавленного металла образуются шпинели и по мере увеличения температуры валка вследствие автоподогрева интенсивность этих процессов растет. Шпинели приводят к образованию межвалковых шлаковых включений, и возникает необходимость последующего ремонта дефектных мест, выявленных после механической обработки. Образование шпинелей при сварке и наплавке аустенитных материалов связано с развитием обменных реакций между минеральным расплавом и металлом валка. Высокое содержание  $\text{SiO}_2$  в составе флюса АН26 приводит к развитию обменных реакций, т. е. окислению хрома и марганца и последующему образованию хроммарганцовистых шпинелей на поверхности наплавленного металла, а

Рис. 1. Линия производства минеральной ваты



также к восстановлению кремния. Содержание кремния в наплавленном металле находится в пределах 1,2–1,5%. Металлографическими исследованиями установлено присутствие в аустенитной структуре металла по границам зерен прослоек SiO, что становится причиной образования и развития горячих трещин в процессе работы вала. Все эти негативные проявления присутствовали при использовании импортных наплавочных материалов различных производителей.

Разработана порошковая проволока ППС-ТМВ11С и достигнуто существенное снижение окисления хрома и марганца, а также снижение восстановления кремния, содержание которого в наплавленном металле составило 0,6–0,8%. Типичный химический состав наплавленного металла: 0,07%С, 0,7%Si, 6,8%Mn, 19,0%Cr, 9,5%Ni, S ≤ 0,012%, P ≤ 0,003%.

Автоматическая наплавка выполняется по винтовой линии с 50% перекрытием проволокой ППС-ТМВ11С диаметром 3,0 мм на режиме:  $I=280...300$  А,  $U=30$  В,  $V_n=24$  м/ч (рис. 3).

При изготовлении новых валков трубная заготовка протачивается на заданный размер под последующую наплавку 2–3 слоев. В дальнейшем валок ремонтируют до 10 раз для центрифуг (6000 об/мин) с предварительной механической обработкой под наплавку. Для центрифуг, вращающихся со скоростью 9000 об/мин, валки используют один раз. Межремонтный цикл валков на центрифугах, вращающихся со скоростью 6000 об/мин, составляет 200–240 ч, а на центрифугах, вращающихся со скоростью 9000 об/мин, ограничен 100 ч в связи с существенным изменением структуры металла тела вала в зоне контакта с расплавом базальта. В целом ограничение ресурса работы валков центрифуги связано с образованием грибообразного вздутия металла в месте контакта вала с расплавом, приводящим к ухудшению волокообразования заданного диаметра и длины, увеличению процентной доли «королька» в конечной продукции, а также с изменениям структуры в пограничном слое основного и наплавленного металла.

При этом следует особо отметить тот факт, что рабочий ресурс фактически может быть доведен до 200–220 ч на первом и втором валках и 96–110 ч — на третьем и четвертом валках центрифуги.

Применение порошковой проволоки ППС-ТМВ11С диаметром 3,0 мм на центрифуге со скоростью вращения 6000 об/мин позволило перерабатывать расплав с температурой 1450–1500°C: первый-второй валок — 910 т; третий-четвертый валок — 480 т. На центрифуге со скоростью вращения 9000 об/мин: первый-второй валок — 1344 т; третий-четвертый валок — 672 т.

В процессе наплавки наблюдается самопроизвольное отделение шлаковой корки, малая волнистость гладкой поверхности наплавленного металла, отсутствие дефектов в виде пор, зашлаковок и трещин (рис. 4). Начиная с 2007 г., после завершения отработки проволоки и по настоящее время со стороны потребителей претензий к качеству проволоки и наплавленных валков не было.

Разработанная порошковая проволока марки ППС-ТМВ11С по своим характеристикам превосходит зарубежные аналоги. Ее стоимость в 2,0–2,2 раза ниже зарубежных



Рис. 2. Характерный износ поверхности третьего вала



Рис. 3. Установка наплавки валков центрифуг



Рис. 4. Рабочий момент наплавки вала

аналогов. Применение проволоки этой марки обеспечивает гарантированное бездефектное качество наплавленного металла. Наплавленный металл обладает высокой стойкостью к разгару, жаростойкостью и окислительной стойкостью, что позволило увеличить рабочий ресурс работы центрифуги на 10–20% по сравнению с зарубежными аналогами. Сварочная проволока ППС-ТМВ11С внедрена и успешно применяется уже более 6 лет на ЗАО «ЗНОиМ» (Белгород).

● #1259

УДК 621.791.92.004.67

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ И УПРОЧНЯЮЩАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е. А. СОЛОМКА<sup>1</sup>, А. И. ЛОБАНОВ<sup>1</sup>, Л. Н. ОРЛОВ<sup>2</sup>, А. А. ГОЛЯКЕВИЧ<sup>2</sup>, А. В. ХИЛЬКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ПАО «Энергомашспецсталь». 84306, Донецкая обл., г. Краматорск, ул. Совхозная, 15

<sup>2</sup> ООО «ТМ.ВЕЛТЕК». 03680, г. Киев, ул. Боженко, 15. E-mail: office@veldtec.ua

Приведены результаты работ по увеличению ресурса оснастки кузнечно-прессового оборудования путем применения электродуговой наплавки наплавочными электродами и порошковыми проволоками. Предпочтительно создание и применение специализированных порошковых проволок, обеспечивающих высокий ресурс наплавленного металла путем оптимизации его легирования. Показано, что применение восстановительной наплавки существенно увеличивает межремонтный цикл работы бойков прессов и обеспечивает экономический эффект эксплуатации оборудования. Библиогр. 8, рис. 5.

*Ключевые слова:* дуговая наплавка, детали штампового оборудования, восстановление и упрочнение, порошковая проволока, продление ресурса

В кузнечно-прессовом цехе ПАО «Энергомашспецсталь» постоянно проводится ремонт и изготовление оснастки для различных видов кузнечно-прессовых операций, в том числе бойков. Для увеличения стойкости и минимизации сроков ремонта инструмента проведен анализ применения существующих наплавочных материалов при наплавке бойков из условия обеспечения сочетания цены и ресурса инструмента [1–7].

Ремонт инструмента кузнечно-прессового оборудования наплавкой эффективен благодаря более низкой цене по сравнению с покупкой новой детали. Штампы и бойки для горячей штамповки иковки, пресс-формы для литья под давлением испытывают тепловые удары, высокие удельные давления, износ истиранием, которые приводят к образованию трещин, задиров и рисок, потери геометрии рабочих поверхностей деталей.

При выборе наплавочного материала применительно к ремонту штампов бойков молотов и быстроходных прессов металл должен иметь комплекс свойств в зависимости от условий контакта с горячим металлом. В условиях быстрого деформирования определяющими являются вязкость, разгаростойкость и сопротивление пластической

деформации. В условиях медленного деформирования дополнительно предъявляются повышенные требования к теплостойкости и окалиностойкости [8].

В настоящей работе рассмотрены особенности технологии ремонтной наплавки плоского бойка и плоского вкладыша из стали 5ХНМ (рис. 1).

Данный вид оснастки довольно интенсивно используется на прессе усилием 31,5 МН для изготовления часто варьируемой номенклатуры изделий, что приводит к его быстрому локальному износу. После выработки рабочей поверхности и появления наплывов металла бойки и вкладыши подвергаются переточке рабочей части в среднем толщиной около 70 мм.

Для ремонта инструмента рассматривалось применение трех вариантов наплавки электродами различного типа легирования: ХН65МВ; Stelloy С-О, Stelloy Ni520-G и ОЗШ-1, ОЗШ-6.

После предварительного изучения характеристик и особенностей применения данных материалов предпочтение было отдано электродам ОЗШ-1 и ОЗШ-6, поскольку они не требуют применения специального оборудования и их стоимость ниже. Наплавку выполняли с предва-

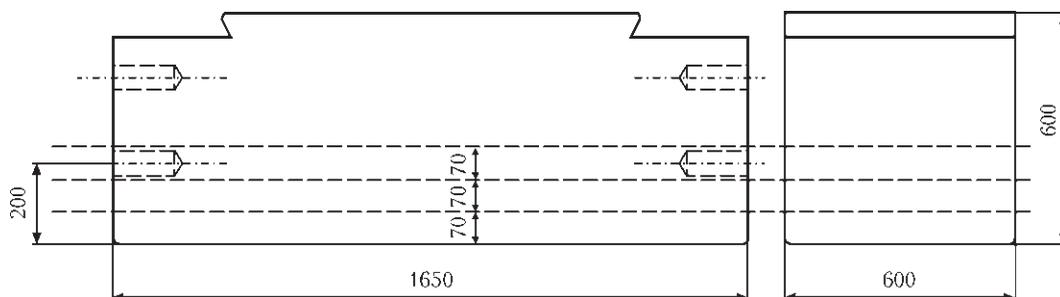


Рис. 1. Боек пресса усилием 31,5 МН

© Е. А. Соломка, А. И. Лобанов, Л. Н. Орлов, А. А. Голякевич, А. В. Хилько, 2014

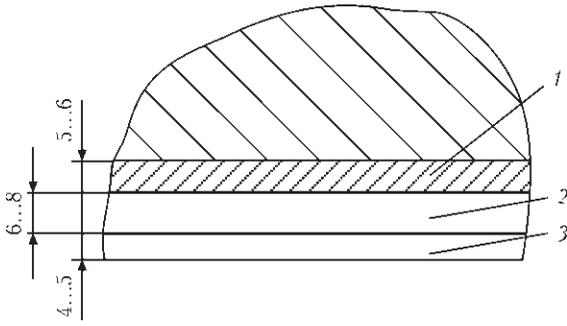


Рис. 2. Схема расположения слоев наплавки: 1 — подслой; 2 — промежуточный слой; 3 — рабочий слой

рительным подогревом бойков до температуры 300...400 °С одновременно двумя газоздушными горелками. Наплавку бойка и вкладыша выполняли тремя слоями (рис. 2): подслой — проволока Св-08Г2С; промежуточный слой — электроды ОЗШ-1; рабочий слой — электроды ОЗШ-6.

После каждого прохода проводили проковку наплавленного слоя. После окончания наплавки бойки помещали в печь для проведения отпуска при 580 °С. Температура предварительно прогретой печи составляла 400 °С, время выдержки 3 ч, скорость нагрева и охлаждения с печью 50 °С/ч.

Наплавленный боек и вкладыш прошли проверку на прессе усилием 31,5 МН в кузнечно-прессовом цехе № 1. Сравнение ресурса работы ненаплавленного и наплавленного инструмента показало следующее:

- ненаплавленный боек использовался в работе с 23.11.2011 по 25.01.2012 гг. и позволил отковать 781,7 т с нормой расхода 5,7 кг/т, при этом рабочая зона бойка потребовала переточки;

- наплавленный боек использовался с 25.01.2012 по 07.05.2012 гг. и позволил отковать 2201,13 т с нормой расхода 2,1 кг/т, что обеспечило повышение ресурса инструмента в 2,8 раза (рис. 3).

В обоих случаях в рабочей зоне бойка образовывалась выработка (рис. 4), которая устранялась наплавкой этого участка и последующей обработкой бойка.

Экономический эффект при среднем откове поковок 21000 т/год на прессе усилием 31,5 МН составил 98700 грн.

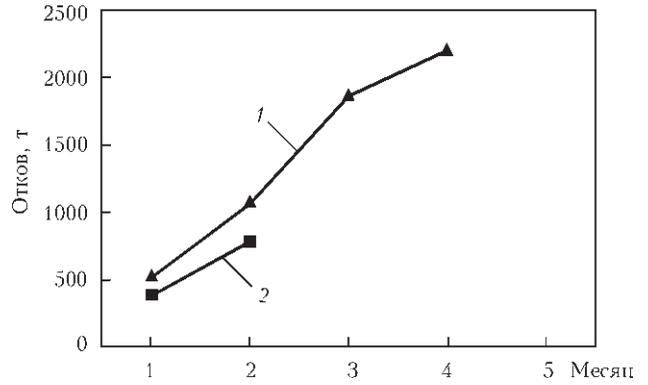


Рис. 3. Ресурс наплавленного (1) и ненаплавленного (2) бойка пресса

Для восстановительной и упрочняющей наплавки как изношенных деталей штампов (пуансоны, матрицы, изготовленные из инструментальных сталей (5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНМ, 7Х3, У10А и др.), так и новых, изготовленных из инструментальных и конструкционных марок сталей (сталь 45, Ст5 и др.) предприятием ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» разработаны порошковые проволоки ВЕЛТЕК-Н460.01, ВЕЛТЕК-Н460.04, ВЕЛТЕК-Н460.05 взамен электродов ЦШ-1(30В8Х3), Ш-1, Ш-16 ЦН-4(35Г6), ЦН-5, НЖ-2, НЖ-3 (ГОСТ 10051-62).

Система легирования порошковых проволок основана на оптимизации легирования наплавленного металла углеродом, кремнием, марганцем, никелем, хромом, молибденом, ванадием, вольфрамом, титаном, благодаря чему обеспечивается получение в наплавленном металле низкоуглеродистой мартенситной матрицы, упрочненной дисперсными карбидами и интерметаллидами.

Наплавленный металл порошковых проволок ВЕЛТЕК-Н460.01 (HRC 38-45) и ВЕЛТЕК-Н460.05 (HRC 48-54) отличается высокой износостойкостью в условиях эксплуатации штампов холодного и горячего деформирования металлов, удовлетворительно сопротивляется высокому давлению и ударам. Для наплавки в ручьях штампа мест, требующих высокой твердости и износоустойчивости бойков кузнечно-прессового оборудования, рекомендуется использовать проволоку ВЕЛТЕК-Н460.05.

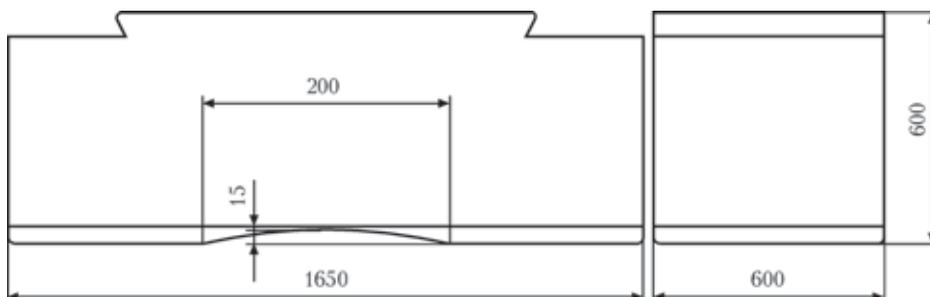


Рис. 4. Выработка рабочей поверхности бойка пресса

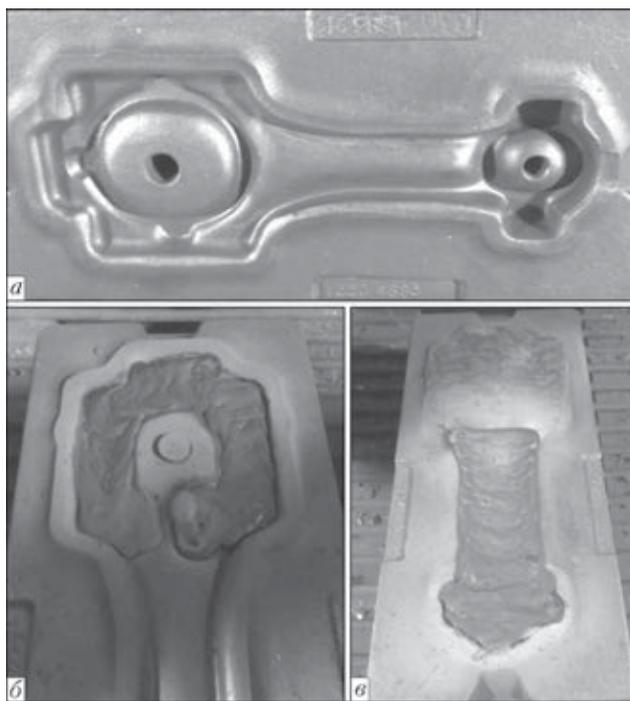


Рис. 5. Ремонт штампа детали (шатуна): *а* — состояние изношенной рабочей поверхности штампа; *б* — наплавка валика без колебаний; *в* — наплавка с колебаниями

Применительно к упрочнению и ремонту деталей штампов из сталей 5ХНМ, 5ХНВ, 38ХНЗМ-БА для прессования заготовок меди, латуни Л63, сплавов ШВ15-1 предпочтительно применить проволоку ВЕЛТЕК-Н460.04 (*HRC* 48-54). Наплавленный металл имеет повышенную стойкость к «схватыванию» заготовки с рабочей поверхностью штампа. Наплавка выполняется на постоянном токе обратной полярности с защитой смесью газов  $82\text{Ar} + 18\text{CO}_2$ .

Проволока ВЕЛТЕК-Н460.01 также успешно применялась для ремонта штампов производства коленчатых валов и шатунов двигателей автомобилей «КамАЗ» (г. Набережные Челны) (рис. 5).

Подлежащие наплавке штампы подвергались отжигу, дефектные места расчищали, трещины удаляли фрезерованием и снимали в ручьях фаски для наплавки. Дефектные места расфрезеровывали, а в некоторых случаях просто расчищали абразивным инструментом, но без резких переходов. Все фаски и канавки после обработки любым способом имели закругления с радиусом не менее  $R = 3$  мм. Угол развала выборки трещин не менее  $40^\circ$ , а ширина дна не менее 9 мм.

При ремонте мест с трещинами после разделки трещины под наплавку основание разделки заправляли проволокой ВЕЛТЕК-Н252-М с последующей наплавкой проволоками ВЕЛ-

ТЕК-Н460.01 или ВЕЛТЕК-Н460.05. Подготовленные для наплавки штампы предварительно нагревали до  $350 \dots 400^\circ\text{C}$ , чтобы избежать появления трещин от нагрева при наплавке. Кратеры заправляли короткой дугой с минимальным проплавлением и резким обрывом дуги. Штампы, требующие обработки рабочих поверхностей режущим инструментом, сразу после наплавки подвергали отжигу ( $900^\circ\text{C}$  в течение 2 ч, охлаждение с печью). Допускается проведение отжига после медленного охлаждения деталей. После отжига проводили механическую обработку штампов и последующую их закалку и отпуск.

Опыт применения порошковых проволок ВЕЛТЕК-Н460.01, ВЕЛТЕК-Н460.05 показал, что повышение эффективности ремонта бойка, вкладышей, штампов достигается увеличением производительности процесса наплавки, снижением затрат на вспомогательное время и особенно снижением расхода наплавочного материала. Расход электродов на 1 кг наплавленного металла составляет 1,8 кг, а порошковой проволоки 1,17 кг, при практически равной цене наплавочного материала.

## Выводы

1. Применение полуавтоматической электродуговой наплавки снижает трудозатраты при ремонте оснастки кузнечно-прессового оборудования и повышает продолжительность межремонтного цикла.

2. Применение порошковой проволоки позволяет повысить эффективность наплавочных работ более чем в 1,5 раза.

1. *Атрошенко А. П.* Повышение долговечности штампов горячей штамповки. — Л.: Металлургия, 1971. — 347 с.
2. *Вельский Е. И.* Износ кузнечного инструмента и пути повышения его стойкости // Кузнечно-штамповочное производство. — 1973. — № 3. — С. 1–3.
3. *ГОСТ 10543–98.* Проволока стальная наплавочная. Технические условия. — Введ. 01.01.2001.
4. *ГОСТ 10051–75.* Электроды покрытые металлическими для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Типы. — Введ. 01.01.1977.
5. *Наплавочные материалы стран-членов СЭВ.* Каталог Киев-М.: МЦМТИ, 1979. — 620 с.
6. *Порошковые проволоки для наплавки, разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона / И. А. Рябцев, А. П. Жудра, Г. А. Кирилук, И. А. Кондратьев // Сварщик. — 2007. — № 1. — С. 30–32.*
7. *Кондратьев И. А., Рябцев И. А.* Наплавка штампового инструмента для горячего деформирования металла слоем мартенситностареющей стали // Там же. — 2009. — № 4. — С. 6–7.
8. *Геллер Ю. А.* Инструментальные стали. — М.: Металлургия, 1983. — 527 с.

Поступила в редакцию 21.03.2014

# Применение механизированной сварки и наплавки порошковой проволокой

Л.Н. Орлов, канд. техн. наук, ООО «ТМ.Велтек» (Киев)

А.А. Голякевич, ООО «ТМ.Велтек» (Киев)

**В** условиях спада производства и ограниченных оборотных средств предприятия при ремонте эксплуатируемого оборудования отдадут предпочтение ресурсосберегающим реновационным технологиям, к которым можно отнести дуговую сварку и наплавку порошковой проволокой. В настоящее время применение порошковой проволоки перспективно при ремонте сельскохозяйственной техники, оборудования по переработке сырья различного назначения. В экономически развитых странах на рынке запасных частей восстановленные детали преобладают, поскольку они в 1,5–2,5 раза дешевле новых, а по ресурсу, как правило, им не уступают. Это достигается, прежде всего, благодаря присутствию на этом рынке фирм, производящих машины, и фирм, специализирующихся на восстановлении изношенных деталей. В последнее время прослеживается тенденция к снижению качества деталей. Это связано с тем, что изготавливать и восстанавливать детали стали предприятия, которые до сих пор этим не занимались.

Основные затраты на ремонт и техническое обслуживание техники составляют до 17,2% всей стоимости валовой продукции сельскохозяйственного производства. В структуре этих расходов 71–74% приходится на закупку запасных частей и материалов и только 7,2–10,1% — на восстановление и укрепление изношенных. Для ремонта наиболее перспективно применение дуговой сварки и наплавки. Эти процессы используют для ремонта и восстановления рабочих органов перерабатывающих, почвообрабатывающих и формовых машин, таких как: диски, лемехи, лапы культиваторов, ножи измельчителей, скребки, шнеки, ножи режущего аппарата и измельчительные барабаны, детали из тонколистовой стали, кожухи, шнеки, элеваторы, подножки, баки, корпуса воздушных баллонов и другие детали из тонколистовой стали. В ходовой части гусеничной техники наиболее интенсивно изнашиваются траки гусеницы и зубья

ведущих колес (абразивное изнашивание). Особенно сильный износ получают грунтозацепы траков гусеницы.

Наиболее целесообразно проводить ремонт с использованием механизированной сварки и наплавки порошковой проволокой в защитном газе и открытой дугой.

К преимуществам применения порошковой проволоки можно отнести высокую производительность работ, хороший внешний вид шва, хорошие сварочно-технологические характеристики, упрощенную технику сварки в различных пространственных положениях и легкость ее освоения, необходимые механические свойства, высокое качество сварных соединений и наплавленного металла. Эффективность сварки и наплавки порошковой проволокой необходимо оценивать не по отдельным этапам, а по повышению общей производительности и гибкости технологического процесса изготовления и ремонта металлоконструкций и деталей оборудования различного назначения. В качестве существенных преимуществ порошковой проволоки по сравнению со сплошной проволокой следует отметить возможность реализации практически любой системы легирования и ее стабильного воспроизводства на различных объектах, а также возможность выполнения сварки и наплавки открытой дугой, что в ряде случаев не может быть сделано сплошной проволокой. По сравнению с покрытыми электродами для порошковой проволоки характерно более эффективное и экономное использование легирующих элементов, прежде всего, дорогостоящих и более высокий коэффициент использования 1,1–1,2 и 1,6–1,8 соответственно. Применение порошковой проволоки малого диаметра 1,0–1,2 мм существенно повышает технологичность процесса при сварке и наплавке стали малой толщины. В полевых условиях наиболее эффективно применение самозащитной порошковой проволоки.

В процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники режущие кромки рабочих органов затупляются. Изнашивание долот сошников – это общая проблема для всех посевных машин. Следствием этого становится увеличение тягового сопротивления и расхода топлива на 15–20%, ухудшение качества заделки семян и снижение урожайности.

Для восстановления и упрочнения рабочих органов, а также повышения их ресурса эксплуатации ООО «ТМ.Велтек» разработало порошковую проволоку Велтек-Н634 диаметром 1,2–1,6 мм с защитой углекислым газом и самозащитную проволоку Велтек-Н560.03, Велтек-Н625, Велтек-Н636 диаметром 1,6–2,0 мм. Проволока обеспечивает твердость наплавленного металла на первом и втором слоях 60–64 HRC и высокую стойкость к абразивному изнашиванию при работе техники на песчаных и суглинистых почвах. Наплавку проволокой Велтек-Н634 диаметром 1,2 мм выполняют на постоянном токе обратной полярности (+) на режиме  $I=80...120$  А,  $U=19...22$  В – для тонкого металла и  $I=120...200$  А,  $U=22...26$  В – для металла основы толщиной более 3 мм. Наплавку самозащитной проволокой Велтек-Н560.03 и Велтек-Н636 диаметром 2,0 мм выполняют на постоянном токе обратной полярности (+) на режиме  $I=150...250$  В  $U=22...27$  В. В качестве оборудования можно применять любой полуавтомат с двумя парами подающих роликами, укомплектованный тиритсторным или инвертерным источником питания с жесткой или пологопадающей характеристикой. Использование инвертерных источников питания обеспечивает более высокую стабильность процесса сварки и экономию потребляемой энергии на 15–20%.

Опыт эксплуатации плугов, сеялок, культиваторов и другой сельхозтехники выявил зоны абразивного износа долот, стрельчатые лапы, остовов лемехов, которые можно восстановить и упрочнить дуговой наплавкой. На долотах преимущественно изнашиваются передняя и боковые зоны корпуса (рис. 1).



Рис. 1. Изношенные долота сеялки (а) и культиватора (б)

Восстановление геометрических размеров долот сеялок в условиях мастерских целесообразно выполнять газозащитной порошковой проволокой ППС-ТМВ5 диаметром 1,2–1,6 мм или Велтек-Н300, а в полевых условиях – самозащитной порошковой проволокой ППС-ТМВ1 диаметром 1,2–1,6 мм. При этом упрочняющий слой выполняют газозащитной проволокой Велтек-Н634 либо самозащитной проволокой Велтек-Н625 или Велтек-Н636. Для ремонта деталей машин, работающих на песчаных почвах, применяют наплавку проволокой Велтек-Н634 или Велтек-Н636 (рис. 2).



Рис. 2. Долота сеялки, наплавленные порошковой проволокой Велтек-Н634

В настоящее время актуальна задача упрочнения специальных ножей, используемых в переработке промышленных и бытовых отходов с целью их утилизации или повторного использования. В процессе переработки одной из операций является их дробление. Производительность установок дробления и качество дробленой массы зависит от стойкости специальных ножей, режущие кромки которых испытывают абразивные и ударные нагрузки. На предприятии «Кат Металл» (Киев) при изготовлении ножей для установок переработки мусора применяли наплавку газозащитной порошковой проволокой Велтек-Н565 диаметром 1,2 мм. Наплавку режущей кромки ножа выполняли на постоянном токе обратной полярности короткой дугой на режиме  $I=110...130$  А  $U=20...22$  В. После наплавки нож подвергали термической обработке, включающей закалку и отпуск. Изготовленные ножи экспортировали в Германию.

Эффективной стала наплавка элементов машин еще в одной области – производстве щепы для изготовления плит ДСП и ольховой щепы для копчения продуктов питания. Здесь применяют установки ИДО-150. Частота вращения ножей 1500 об/мин,

режущая кромка ножа должна обладать теплостойкостью и обеспечивать качественный угол среза. Режущая кромка ножей из стали 40X была наплавлена порошковой проволокой Велтек-Н565 диаметром 1,2 мм. Ресурс ножей до переточки в зависимости от типа древесины увеличен в 2,5–3,0 раза (рис. 3).



Рис. 3. Ножи установки ИДО-150, наплавленные порошковой проволокой Велтек-Н565

Во вторичной переработке термопластов, предусматривающей их дробление в мельницах, качество дробления и производительность также зависит от стойкости режущей кромки ножей. На предприятии ООО «Вестхим» (Луцк) для ремонта ножей из стали 40X роторных дробилок применили наплавку режущей кромки газозащитной порошковой проволокой Велтек-Н550.03 диаметром 2,0 мм. Было достигнуто существенное повышение ресурса ножей.

Рассмотрим еще несколько примеров успешного применения наплавки для восстановительных работ на различном оборудовании. В производстве полиэтиленовой пленки применяют вторичное сырье. В процессе экструдирования происходит изнашивание гребня шнека пресса, что связано с рядом факторов, в том числе и загрязнением сырья.

Для ремонтной и изготовительной наплавки гребня шнека предприятию ООО «Универсальный центр» (Днепропетровск) было предложено использовать газозащитную порошковую проволоку Велтек-Н634 диаметром 1,2 мм взамен электродов

Т590, которые применяли ранее. В результате выполненной наплавки порошковой проволокой существенно снизилась трудоемкость изготовления шнека и возрос ресурс эксплуатации. Успешно были также наплавлены газозащитной порошковой проволокой Велтек-Н560.03G диаметром 2,0 шнеки прессов для производства растительных масел.

Самозащитную порошковую проволоку Велтек-Н635 и Велтек-Н636 диаметром 2,4 мм использовали и при ремонте шнека транспортировки глины. Рабочую поверхность шнека наплавляли проволокой Велтек-Н635, а кромки – проволокой Велтек-Н636. Применяемая технология наплавки позволяет выполнять многократный ремонт шнека (рис. 4).

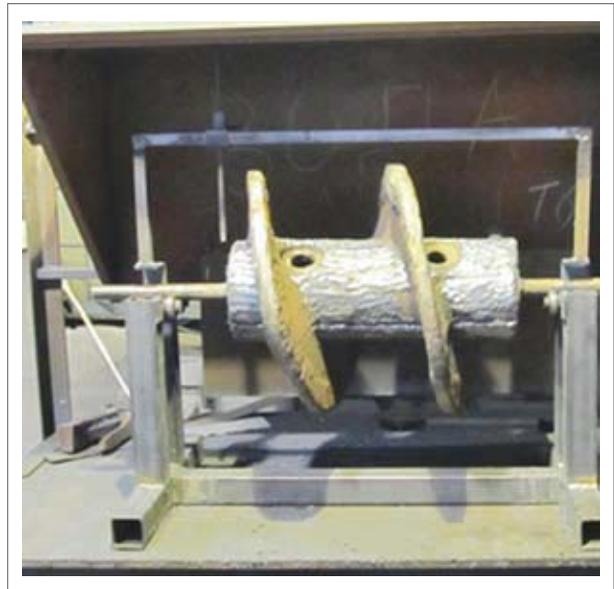


Рис. 4. Шнек пресса, наплавленный порошковой проволокой Велтек-Н635 и Велтек-Н636

Опыт применения порошковой проволоки показал ее высокую эффективность, легкость освоения и адаптации процесса к выполнению реновационных работ на различном оборудовании.





## **Комплексное решение задачи восстановления элементов силовой гидравлики механизированных крепей шахтного оборудования (материал, технология)**

Важной технической задачей является обеспечение качественного горношахтного оборудования, в частности, ремонт и замена элементов гидравлики. Рабочие поверхности стоечно-домкратной группы в процессе эксплуатации подвергаются ударно-абразивному воздействию породы и угля. Кроме износа и вмятин от ударов рабочие поверхности штоков и плунжеров подвергаются питтинговой и межкристаллитной коррозии, отложению продуктов обменных реакций при контактировании с подземными водами, что приводит к повреждению уплотнительных элементов и выходу из строя гидроаппаратуры. В связи с этим актуально повышение работоспособности стоечно-домкратной группы механизированных крепей путем создания стойкого защитного слоя на рабочих поверхностях штоков и плунжеров.

Защитный слой должен отличаться высокой коррозионной стойкостью в условиях подземных вод и иметь твердость *HRC* 40...45. Применение порошковой проволоки позволяет реализовать автоматизированную наплавку с минимальным влиянием человеческого фактора на качество наплавленного слоя. Кроме этого, порошковая проволока позволяет обеспечить необходимое легирование наплавленного слоя.

Достаточно сложным является выбор системы легирования и оптимизации химического состава наплавленного металла, удовлетворяющего требованиям нормативной документации на изделия в сочетании с приемлемой стоимостью порошковой проволоки. Присутствие в подземных водах галоидных ионов способствует развитию питтингов и коррозионного растрескивания металла. С учетом отмеченных факторов специалисты ООО «ТМ.Велтек» выбор легирования упрочняющего слоя выполняли с учетом анализа условий эксплуатации крепей, литературных сведений, собственных ранее проводимых исследований и учета экономической целесообразности. Предпочтение было отдано системе легирования Al–C–Cr–Ni–Mo. Согласно литературным данным такая система легирования обеспечивает повышенную коррозионную стойкость. Основным легирующим элементом является хром как легкопассивирующийся элемент, содержание которого задавалось в пределах 16...24 мас. %. Формированию пассивирующей пленки способствует также дополнительное легирование никелем и молибденом. Требование по обеспечению твердости наплавленного металла в пределах *HRC* 40...45 усложняло возможность получения повышенной коррозионной стойкости.

Пользуясь известным методом расчетного определения фазового состава и структуры наплавленного металла, рассчитывали структурный и фазовый состав высокохромистого наплавленного металла, дополнительно легированного углеродом, никелем, молибденом, титаном и другими элементами. Повышение твердости достигнуто увеличением объемной доли мартенсита, формированием дисперсных карбидов и МАК-фазы в ферритной матрице. Коррозионные испытания образцов наплавленного металла в условиях воздушнокапельного воздействия подземных вод позволили оптимизировать легирование металла со структурой (Ф+М+К). Повышению коррозионной стойкости способствует также обеспечение низкого содержания вредных примесей: 0,007...0,012 мас. % S, 0,01...0,015 мас. % P и диспергирование первичной структуры за счет выполнения процесса наплавки с удельным тепловложением в пределах 2500...4000 Дж/см.

Для наплавки высокохромистого металла отечественная промышленность выпускает только плавильные флюсы — АН-20С и АН-26П. Флюсы имеют повышенную активность в связи с высоким содержанием в них двуокиси кремния (28...34 мас. %), что приводит к потерям хрома, восстановлению кремния и ухудшению отделимости шлаковой корки вследствие формирования шпинелей. По технологическим характеристикам флюсы АН-20 и АН-26 уступают зарубежным агломерированным основным флюсам WAF (Англия), Record SK (Бельгия), ОК10.81 (Швеция) и др. При наплавке под зарубежными флюсами достигается самоотделение шлаковой корки вплоть до 500 °С, что облегчает процесс наплавки цилиндрических деталей.

С целью снижения себестоимости процесса наплавки предпочтение отдано все же отечественным флюсам АН-26П и АН-20С. ООО «ТМ.Велтек» выполнена разработка порошковой проволоки марки ВЕЛТЕК-Н425 диаметром 2,0...2,4 мм (ТУУ 28.7-31749248-011:2007), которая адаптирована под наплавку высокохромистого металла в сочетании с флюсами АН-26П и АН-20С. В процессе наплавки достигается самоотделение шлаковой корки, низкое содержание серы и фосфора в наплавленном металле, подавление процесса восстановления кремния из флюса, отсутствие в наплавленном металле пор и трещин. На основании производственного опыта по применению автоматической наплавки тел вращения были отработаны технологии наплавки цилиндрических деталей шахтного оборудования (ток и напряжение



Рис. 1. Процесс наплавки штока



Рис. 2. Крепи механизированные после капитального ремонта

производственный участок, обеспечивающий взаимосвязанную «цепочку»: оборудование–технология–наплавочный материал–оператор наплавочной установки.

Участок создан с целью:

- ◆ оказания услуг сторонним организациям;
- ◆ демонстрации работы оборудования и технологии наплавки;
- ◆ обучения персонала заказчика.

Для восстановления элементов силовой гидравлики механизированных крепей шахтного оборудования сконструированы и изготовлены специализированные установки ВЕЛДИН НН1 и ВЕЛДИН НВ1 для наружной и внутренней наплавки. Установки обеспечивают стабильное выполнение отработанной технологии процесса наплавки. Электроприводы вращения изделия, перемещения наплавочной головки и подачи проволоки обеспечивают плавную регулировку и высокую стабильность поддержания заданных параметров. Установки укомплектованы механизмом подачи проволоки ПДГО 602, источником питания ВДУ-1000, устройством подачи и удержания флюса, устройством для принудительного охлаждения наплавляемой детали вследствие ее автоподогрева в процессе наплавки. Контроль качества наплавленных деталей показал соответствие характеристик наплавленного металла требованиям НТД и отсутствие дефектов в наплавленном металле.

Разработанные технология наплавки, порошковые проволоки и наплавочное оборудование, а также создание участка по наплавке штоков и плунжеров позволили решить задачу по качественному восстановлению элементов силовой гидравлики механизированных крепей шахтного оборудования. Процесс наплавки порошковыми проволоками и соответствующее оборудование успешно применяются ремонтными службами ряда предприятий Украины и России при ремонте шахтного оборудования (рис. 2).

дуги, скорость наплавки, величина перекрытия, глубина проплавления), а также элементы техники наплавки (диаметр проволоки и ее ориентация), условия подвода и отвода тепла, при которых обеспечивается устойчивое формирование наплавляемого металла. Особенно это актуально для деталей трубчатой конструкции диаметром 60...100 мм.

Технология обеспечивает стабильный процесс наплавки кольцевыми валиками по винтовой линии при величине перекрытия 0,5 мм во всем диапазоне диаметров изделий при толщине наплавленного слоя 2,5 мм с учетом припуска на механическую обработку 0,5 мм (рис. 1). Проплавление основного металла стабильно по длине изделия в пределах 1,0...1,5 мм в зависимости от диаметра детали и режима наплавки. Разработано два варианта технологии наружной наплавки: однослойная и двухслойная наплавка. Отработан процесс наплавки внутренних поверхностей проволокой ВЕЛТЕК-Н425М под флюсом АН-26П.

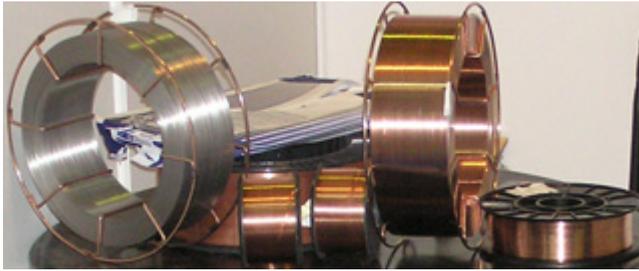
В зависимости от условий эксплуатации крепей с учетом химического состава подземных вод для упрочнительной наплавки рекомендуется применение порошковых проволок ВЕЛТЕК-Н425, ВЕЛТЕК-Н425.01, ВЕЛТЕК-Н425.02.

Для реализации отработанных технологических приемов на предприятии создан

«ТМ.ВЕЛТЕК»  
03680, г. Киев, Украина, ул. Казимира Малевича, 15, корп №7, офис 303, 507.  
Тел.: +38 (044) 200-02-09, +38 (044) 200-86-97.  
www.weldtech-group.com  
office@veldtec.ua

## Сучасні зварювальні матеріали від ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК»

**Впровадження технологій відновлення та зміцнення деталей наплавленням має широкі перспективи і при правильному виборі обладнання та матеріалів практично відразу забезпечує віддачу.**



Сучасні технології наплавлення дають змогу протягом року окупити витрати за рахунок економії на придбанні запасних частин і змінного устаткування, збільшення терміну служби деталей, скорочення простоїв устаткування тощо. До ресурсощадних реноваційних технологій належить і наплавлення порошковим дротом, використання якого - це високопродуктивний процес, при якому забезпечують високу якість наплавленого металу, технологічну гнучкість процесу, підвищення ресурсу наплавлених деталей, зниження витрат на експлуатацію устаткування.

ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» випускає широкий спектр порошкових дротів, які не поступаються за технічними характеристиками зарубіжним аналогам. При їхньому виробництві реалізовано підхід до системи управління якістю згідно зі стандартами серії ISO 9000. Розроблені технічні умови і сертифіковані понад 60 марок порошкових дротів. УКРСЕПРО видало підприємству сертифікат на систему управління якістю в частині відповідності її вимогам ДСТУ 130 9001-2001 (ISO 9001:2000, ГОТ).

ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» пропонує технології відновлення та поверхневого зміцнення важко навантажених деталей, які працюють в умовах зношування тертям, а також при значних знакозмінних статичних і динамічних навантаженнях і при поєднанні цих чинників з використанням порошкових дротів власного виробництва.

Пресове устаткування, відновлене або зміцнене за технологією, розробленою фахівцями підприємства з використанням спеціально розроблених порошкових дротів власного виготовлення (марки «Велтек-Н420»), успішно працює на таких відомих підприємствах, як «НВЕ» (Південна Корея), «AUBERT&DUAL» (Франція), «Нижньодніпровський трубний завод», «Харцизький трубний завод», «Нижньотагільський металургійний комбінат», «Новокраматорський машинобудівний завод» тощо.



Порошкові дрти «Велтек-Н410» і «Велтек-Н420», впроваджені на ЗАТ «Дніпропрес» (м. Дніпропетровськ) для наплавлення великогабаритних плунжерів гідропресів діаметром від 500 до 1000 мм і завдовжки від 1000 до 7000 мм зі сталей 35, 40Х, 45 і 40Х13, успішно конкурують з аналогічними розробками провідних світових виробників.

Найпоширеніший спосіб **зміцнення роликів МНЛЗ у процесі їх виготовлення та ремонту** це наплавлення порошковим дротом під флюсом, у захисному газі та відкритою дугою. Порошкові дрти «Велтек-Н470» діаметром 2,4-3,6 мм і «Велтек-Н470С» діаметром 2,0-2,4 мм, які застосовують при виготовленні та відновному напавленні роликів МНЛЗ. Вони не поступаються зарубіжним аналогам таких провідних світових виробників, як «ESAB» (Tubrodur OK 15.73), «Welding Alloys» (4142MM-S HC), «Weldclad» (WLDC-3M2L, WLDC-3M2H) тощо і забезпечують легке відділення шлаку, якісну поверхню наплавленого металу, відсутність пор і тріщин.



ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» спільно з підприємством ЗАТ «Відновлення» впровадили на Вискунському металургійному комбінаті технологію ремонту правильних роликів із застосуванням багатошарового наплавлення, яке забезпечує твердість робочого шару в межах 62-65HRC.

Для **наплавлення правильних роликів** зі сталей 45, 9Х1 було розроблено порошковий дріт «Велтек-Н550М» діаметром 2,0 мм у поєднанні з флюсами АН20 та АН26П.

На сьогодні, враховуючи економічні негаразди в гірничо-видобувній промисловості, надзвичайно актуальним є завдання **виготовлення і капітального ремонту гірничошахтного устаткування.**



Широко застосовують для капітального ремонту кріплень вітчизняного і зарубіжного виробництва порошковий дріт «Велтек-Н425» діаметром 2,0 факхівці ЗАТ «НВП Спецвуглемаш» (м. Горлівка), наплавляючи ним циліндричні робочі поверхні стійок-домкратів діаметром 60-300 мм. Ви-

Маючи великий досвід у виготовленні та впровадженні порошкових дротів для відновлення і поверхневого зміцнення деталей металургійного й іншого важконавантаженого обладнання, фахівці ТОВ «ТМ. ВЕЛТЕК» розроблять порошкові дрони на ваше замовлення, допоможуть із впровадженням і виконують авторський нагляд у процесі експлуатації.

користання цієї марки дроту забезпечує високу якість наплавлення з мінімальним припуском на механічну обробку.

Новокраматорський машинобудівний завод виконує наплавлення ножів гарячого різання сортних МНЛЗ із застосуванням порошкового дроту «Велтек-Н565» і «Велтек-Н480нт» діаметром 1,2-1,6 мм у захисному середовищі СО<sub>2</sub>. Характеристики наплавленого металу збережені на рівні дроту UTP AF DUR650. Твердість наплавленого металу після відпуску становить 56-60 HRC.

Окрім переліченого, ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» пропонує власну технологію і комплект обладнання для відновлення кранових коліс. Зношування робочої поверхні коліс кранів відбувається в умовах контактної втоми і сухого тертя, посиленого абразивною дією. Ефективною технологією є наплавлення під флюсом. Фахівці ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» запропонували до впровадження порошкові дрони власного виготовлення «ВЕЛТЕК-Н300РМ» і «ВЕЛТЕК-Н350РМ» з легуванням наплавленого металу аналогічні дронам суцільного перерізу НП-30ХГСАіНп-18Х1Г1М, які традиційно застосовують для цієї операції. Проте, на відміну від наплавлення суцільними дронами, у разі використання порошкових наплавлених метал має дрібнодисперсну структуру, що обумовлює вищий ресурс роботи наплавлених коліс.

## Відновлення литих деталей вантажних вагонів

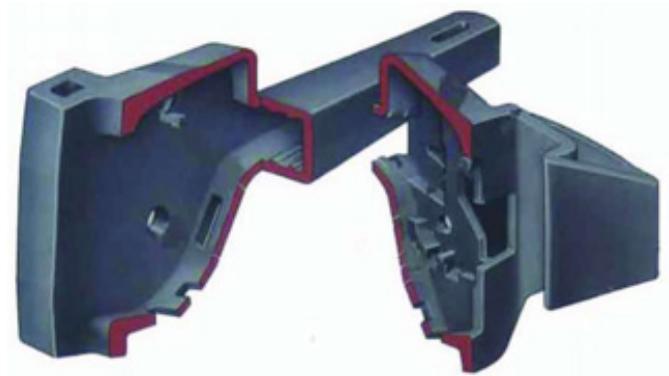
*В.В. Нестикайло, головний технолог (ПКТБ ЦВ УЗ, м. Київ), В.А. Зайдулін, головний зварник, В.П. Красножков, інженер (ДП Укрспецвагон», смт Панютіно), А.В. Хилько, зав. лабораторії (ТОВ «ТМ. Велтек», м. Дніпропетровськ)*

Впровадження технологій відновлення та зміцнення деталей наплавленням має широкі перспективи і при правильному виборі обладнання та матеріалів майже відразу забезпечує віддачу. Фахівці ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» за підтримки Проектно-конструкторського та технологічного бюро рухомого складу Державної адміністрації залізничного транспорту України (ОКТБЦВ УЗ) і ДП «Укрспецвагон» пропонують досвід використання порошкового дроту марки «ВЕЛТЕК-Н290» при ремонті литих деталей вантажних вагонів. Сучасна концепція енего- і ресурсозбереження, прийнята в тому числі й на залізничному транспорті, у поєднанні з високим рівнем технічних вимог до рухомого складу - як в умовах поточної експлуатації, так і з урахуванням перспективи його подальшого використання, визначає критерії вибору технологій виготовлення і ремонту найуживаніших деталей\* Це стосується й виготовлення і ремонту литих деталей вантажного вагона, які виготовляють зі сталей 20ГЛ, 20ФТЛ, 20ГТЛ, 20ГФТЛ (ГОСТ 977, ГОСТ 22703, ТУ 24,05.486-82). До числа найбільш навантажених і швидкозношуваних деталей вантажних вагонів слід віднести корпус букси та корпус автозчеплення.

Букси є найважливішими елементами колісних пар візка вагона, від надійності яких залежить безпека руху поїздів. Вони встановлені на шийках осі й, передаючи обертовий рух до колісних пар, забезпечують переміщення вагона із необхідною швидкістю. Букси сприймають і передають колісним парам як власне вагу, так і динамічні навантаження, що виникають під час руху вагона, і при цьому обмежують поздовжні й поперечні переміщення колісних пар щодо рами візка.



Працюючи в таких складних умовах навантаження при змінних температурних і погодних параметрах, корпуси букс мусять забезпечувати високу надійність і безпеку руху вагона, а також мати достатній експлуатаційний ресурс, особливо при підвищених навантаженнях і швидкісних режимах руху поїздів. Ці ж вимоги поширюються й на корпуси автозчеплень.



При відновленні корпусів букс наплавляють опорні поверхні та зношені поверхні напрямних щелеп. З метою підвищення продуктивності, якості наплавлення і зниження деформації букси фахівці ДП «Укрспецвагон» використовують порошковий дріт марки «ВЕЛТЕК-Н290» діаметром 1,2 мм. Використання цієї марки дроту дозволено до застосування «Інструкцією зі зварювання й наплавлення при ремонті вантажних вагонів», що затверджена Дирекцією Ради на залізничному транспорті держав-учасників Співдружності й «Інструкцією зі зварювання ЦВ-0019». До речі, це єдина марка дроту, що дозволена до використання на залізничному транспорті для наплавлювальних робіт при ремонті вантажних вагонів.



Наплавлення виконують у середовищі вуглекислого газу на струмах 180-230 А й напрузі на дузі 21-27 В. Товщина напавленого шару, залежно від зношування, становить 3-12 мм. Необхідну товщину забезпечують багат шаровим наплавленням. Процес характеризується легким запалюванням і стабільним горінням дуги, дрібно крапельним перенесенням із незначним розбризкуванням електродного металу, гарною відокремлюваністю жувільної кірки. Напавлений метал щільний і добре сформований. Твердість напавленого металу відповідає вимогам нормативної документації (240-300 НВ). Напавлені поверхні обробляють фрезеруванням із забезпеченням вимог крес-

лення деталі. Тривалий термін експлуатації засвідчив ефективність цієї технології ремонту корпусу букси.

Цю ж марку дроту застосовують на підприємстві й при наплавленні зношених тягових і ударних поверхонь контуру зачеплення корпусу автотягача. Величину зношування вимірюють шаблонами для визначення товщини наплавлюваного шару. Для підвищення продуктивності праці використовують дріт марки «ВЕЛТЕК-Н290» діаметром 1,6 мм. Наплавлення виконують за один прохід у середовищі вуглекислого газу на струмах 280-320 А, і напрузі на дузі 26-29 В. Необхідну товщину наплавлення забезпечують висотою наплавленого шару з урахуванням подальшої механічної обробки. Твердість наплавленого металу становить 250-300НВ.

Обидві подані вище технології ремонту литих деталей вантажних вагонів успішно використовують на ДП «Укрспецвагон» уже протягом кількох років.

Ремонтують корпуси автотягача із застосуванням

порошкового дроту «ВЕЛТЕК-Н290» й на інших вагоноремонтних підприємствах «Укрзалізниці», відповідно до затвердженої технологічної документації ЦВ0072 («Типовий технологічний процес зносостійкого наплавлення деталей автотягача»), починаючи з 2006 року. Згадана технологія забезпечує високу якість ремонту, надійну експлуатацію й безпеку руху вантажних вагонів.

Окрім згаданого, для потреб залізниці спеціалісти ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» розробили і виготовили низку порошкових дротів, наприклад, для відновного наплавлення зношених поверхонь колісних пар, газотермічного наплення шийок колінчастих валів тепловозів тощо. Маючи великий досвід у виготовленні та впровадженні порошкових дротів для відновлення і поверхневого зміцнення деталей металургійного й іншого важкоавантаженого обладнання, фахівці підприємства розроблять порошкові дроти на Ваше замовлення, допоможуть із впровадженням і виконають авторський нагляд у процесі експлуатації.



# Разработка и внедрение новых технологий восстановления и изготовления ответственных деталей и технологического инструмента для металлургических предприятий

Бородин И.П., к.т.н., Шатов Ю.С. к.т.н., Болотов А.И., Крюков В.Е., Гвоздев А.Г., Песков Е.А., Ширяев В.Ю., к.т.н. ( НПО «Восстановление», г. Липецк, РФ) Голякевич А.А., Орлов Л.Н. к.т.н. (ООО «ТМ.Велтек», г.Киев, Украина)

Доклад на III Международной конференции «Сварочные материалы-2015» (Петраньевские чтения), 15–16 октября 2015 года

В настоящее время актуально повышение работоспособности и ресурса металлургического оборудования. Эффективное решение этой задачи достигается созданием наукоемкой продукции в виде новых технологий и материалов. В рамках настоящей работы разработаны порошковые проволоки и комплексная технология восстановления деталей термического оборудования, материалы и технология ремонта металлорежущих ножей, роликов правильных машин, валков прокатных станков, которые успешно реализованы рядом крупных комбинатов.

Ключевые слова: *печные ролики, прокатные валки, металлорежущие ножи, ролики правильных машин, наплавка, порошковая проволока*

Металлургическое оборудование и его ответственные детали и технологический инструмент (прокатные валки, печные ролики, ролики правильных машин и машин непрерывного литья заготовок, металлорежущие ножи) работают в условиях ударных нагрузок, сложного термонапряженного состояния, абразивного износа и поэтому требуют применения нетрадиционных материалов и технологий для их изготовления и ремонта.

Традиционные материалы и технологии, которые применялись последние десятилетия в СССР и странах СНГ для их изготовления и ремонта, явно устарели по сравнению с аналогичными зарубежными разработками. Многие из этих разработок создавались с участием ученых и инженеров, оказавшихся невостребованными в России и странах СНГ в период политических перестроек. Ситуация с разработкой новых материалов и технологий также ухудшилась в связи с падением машиностроительного производства, отраслевой и академической науки в странах СНГ в последние 10-15 лет.

Иностранные машиностроительные и инженеринговые фирмы, создавая и поставляя на металлургические предприятия стран СНГ наукоемкую продукцию более высокого качества, даже с большей стоимостью, постепенно вытесняют с этого рынка отечественные предприятия и фирмы. Учитывая эту ситуацию, наше научно-производственное предприятие совместно с рядом научно-исследовательских организаций и машиностроительных заводов России с середины 90-х годов активно занялось разработкой новых технологий и материалов для изготовления и ремонта наиболее важных элементов прокатного и термического оборудования металлургических предприятий [1-3]. В результате этой коллективной работы созданы ряд эффективных технологий и материалов для ремонта и изготовления ответственных деталей металлургического оборудования и технологического инструмента. Наиболее важные из них следующие разработки:

**1. Комплексная технология восстановления печных роликов, радиантных труб и других деталей тер-**

**мического оборудования, изготовленных из жаропрочных сталей и сплавов.**

Данная технология включает химико-термическую обработку, горячую, «теплую» и холодную правку, автоматическую наплавку бочек и цапф, заварку трещин и других дефектов литья, последующую термическую и механическую обработку. Комплексная технология позволяет:

А) удалить из науглероженного и азотированного металла отработанных деталей лишний углерод и азот, приводящих к охрупчиванию жаропрочного металла;

Б) растворить хрупкую сигма-фазу в отработанных деталях;

В) «залечить» мелкую сетку разгара;

Г) восстановить исходные физико-механические свойства жаропрочного металла;

Д) устранить кривизну и восстановить геометрические размеры деталей из жаропрочных сталей и сплавов.

Печные ролики, восстанавливаемые нами с 1995 года на своих производственных площадях, успешно работают на многих предприятиях России: ОАО «СеверСталь», «Верхнее-Салдинское металлургическое производственное объединение», «Новолипецкий металлургический комбинат», «Уральская сталь», ЗАО ВМЗ «Красный Октябрь». Причем стоимость ремонта этих дорогостоящих деталей составляет менее половины стоимости изготовления новых деталей, а срок их службы находится на уровне стойкости новых деталей. Наше предприятие продолжает работы по совершенствованию технологии ремонта отработанных деталей, а также упрочнению новых деталей из жаропрочных сталей с целью повышения срока их службы и снижения затрат на их ремонт и изготовление.

**2. Материалы и технологии изготовления и ремонта металлорежущих ножей.**

Традиционными материалами для изготовления металлорежущих ножей для холодной и горячей резки в отечественной промышленности были и остались в основном инструментальные кованые стали 5ХВ2С и

6XB2С. Иногда для этих целей применяли кованные стали Х12М, Х12МФ. Ножи для холодной и тем более для горячей резки, изготовленные из сталей 5XB2С и 6XB2С, имеют низкую стойкость из-за недостаточного количества упрочняющих фаз (карбидов) и низкой теплостойкости (до 400 °С). Высокохромистые стали с высоким содержанием углерода (до 1,2-1,3%) типа Х12М, Х12МФ очень ликвационно чувствительны и нетехнологичны на всех горячих переделахковки, термообработки и даже шлифовки. Более менее успешно из сталей Х12М, Х12МФ изготавливают металлорежущие ножи небольших размеров (диаметром до 200 мм). При изготовлении более крупных ножей и валков из стали Х12М (очень высок процент брака при изготовлении и эксплуатации. Поэтому для производства металлорежущих ножей и валков мы пошли по пути применения среднелегированных и среднеуглеродистых марок стали, которые обеспечивают более высокую теплостойкость (до 600 °С), большую износостойкость по сравнению со сталями 5XB2, 6XB2С и близким к нам марок стали, а также значительно лучшую технологичность и зачастую лучшую стойкость по сравнению с высокохромистыми сталями Х12М, Х12МФ.

Нами разработан комплекс технологий для изготовления технологического инструмента из среднелегированных марок стали, включающий ряд технологических решений на всех этапах производства, начиная от выплавки сталей до механической обработки, а также специальные методы упрочнения.

Данные технологии обеспечивают режущему инструменту рациональное сочетание твердости, ударной вязкости и износостойкости в процессе эксплуатации.

Дисковые, кромкокрошительные, гильотинные ножи, ножи скрап-ножниц, изготовленные нами из новых марок стали по нашим технологиям, обеспечивают стойкость, которая в 5-10 раз выше стойкости аналогичных ножей, изготовленных из сталей 5XB2С, 6XB2С, 5ХНВС на различных металлургических предприятиях России. Причем для каждого конкретного случая мы подбираем свои марки сталей и свои технологии производства, которые обеспечивают металлорежущим ножам максимально возможную стойкость. Мы успешно изготавливаем высококачественные металлорежущие ножи для крупных металлургических предприятий, имеющих свое машиностроительное производство, таких как ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», «Магни-

тогорский металлургический комбинат», ОАО «Север-Сталь», ОАО «Ашинский металлургический завод», ОАО «Новосибирский металлургический завод», ОАО «Выксунский металлургический завод», ОАО «Чусовской металлургический завод», ОАО «Нытва», ОАО «Гайский ЗОЦМ», а также для небольших заводов и фирм, не имеющих своих производств для изготовления инструмента.

Однако ножи из среднелегированных марок стали имеют более высокую цену изготовления в 1,5-2,0 раза, чем ножи из сталей 5XB2С, 6XB2С. Но в любом случае проценты увеличения стойкости в несколько раз выше процентов роста цен и обеспечивают потребителям этих ножей значительный экономический эффект. В последние два года мы освоили производство особо высоко-стойких кромкокрошительных ножей для обрезки листового холодного проката из порошковых быстрорежущих сталей. Опытные партии кромкокрошительных ножей из порошкового быстрореза при резке холоднокатанного листа толщиной до 3 мм из углеродистых и электротехнических марок стали в условиях ЛПЦ-5 ОАО «НЛМК» обеспечили 100-кратное повышение стойкости по сравнению с аналогичными ножами из сталей 5XB2С.

### 3. Технологии и материалы для ремонта и изготовления роликов правильных машин.

Ролики правильных машин традиционно изготавливаются из малотехнологичной стали 9Х1 с поверхностной термической обработкой (ТВЧ или ТПЧ). Однако жесткие условия работы этих роликов особенно при правке листового и сортового проката из легированных марок стали с окалиной приводят к преждевременному выходу их из строя. Недостаточная стойкость роликов правильных машин из стали 9Х1 с поверхностной закалкой даже при обеспечении достаточно высокой твердости (61-63 HRC) объясняется также недостаточным количеством упрочняющих фаз (карбидов, карбонитридов) в структуре этих роликов и недостаточной толщиной закаленного слоя (от 1,5 мм до 5 мм). Кроме того, ролики правильных машин из стали 9Х1 до сих пор никто не ремонтировал из-за неудовлетворительной свариваемости этой марки стали.

Поэтому мы пошли по пути создания биметаллических роликов с более высоким содержанием легирующих элементов в поверхностном слое толщиной до 20 мм.

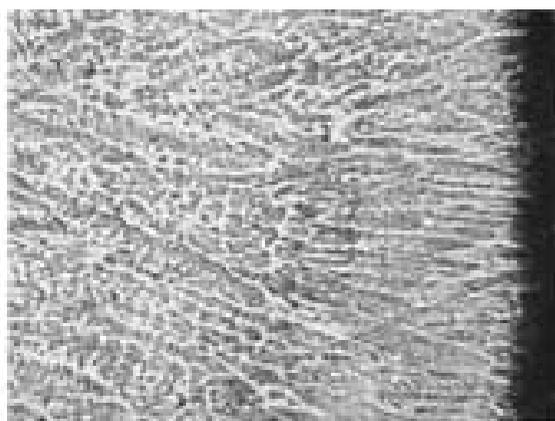
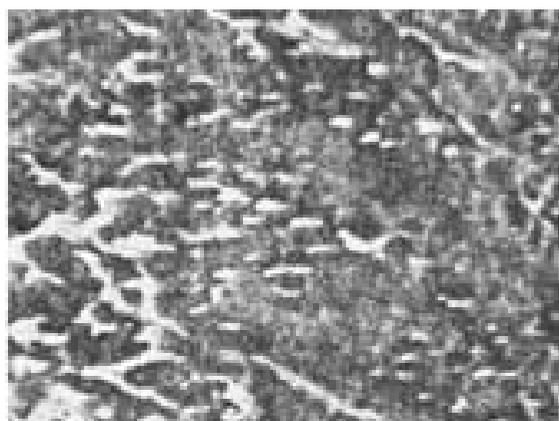


Рис.1. Микроструктура наплавленного металла рабочего слоя ролика. А. (x500), Б. (x100)

Одним из эффективных технологических решений стал ремонт таких роликов с использованием высокохромистых среднеуглеродистых наплавочных материалов и их изготовление из объемно термообработанной стали 40X с наплавкой наружного слоя. Применительно к решению этой задачи предприятием ООО «ТМ.Велтек» разработаны порошковые проволоки WT550.01-F (C-W-Mo-Cr-V) и WT545-F (C-Mo-Cr-V-Ni). Высокая твердость HRC 57-60 наплавочной рабочей поверхности роликов достигается формированием мартенситной структуры [4] упрочненной дисперсными карбидами (рис. 1), а также уменьшением зерна первичной структуры за счет выполнения процесса наплавки проволокой диаметром 2,0 мм на режимах оптимально сочетающих производительность и тепловложение. Процесс наплавки выполняли на постоянном токе обратной полярности под флюсом АН26п на режиме  $I_d = 260-280$  А,  $U_d = 30$  В,  $V_{св} = 28-30$  м/ч.

Ролики правильных листовых машин с диаметром бочки 190, 230, 250, 360 мм из стали 9Х1, отремонтированные по новой технологии, обеспечили для ОАО «Выксунский металлургический завод» срок службы в 3-4 раза более высокий, чем аналогичные новые ролики из той же стали 9Х1 с поверхностной закалкой. Кроме того, стоимость ремонта этих роликов по новой технологии составила менее половины стоимости изготовления из стали 9Х1.

Опыт нашего производства роликов правильных машин Ø360 мм из стали 40X с наплавочным рабочим слоем толщиной около 20 мм из высокохромистой среднеуглеродистой стали показал его техническую и экономическую целесообразность в условиях ОАО «Выксунский металлургический завод».

#### **4. Технологии и материалы для ремонта мало- и среднегабаритных сортовых и листовых валков.**

Рабочие и опорные валки листовых и сортовых станов являются наиболее дорогостоящими и расходными элементами оборудования металлургических предприятий. В отечественном тяжелом маши-

ностроении освоено производство таких валков из высокоуглеродистых низколегированных марок стали (типа 9Х2МФ) и специальных марок чугуна. Инофирмы производят сейчас валки из более легированных сталей и чугунов с использованием уникальных технологий, обеспечивающих более высокую стойкость валков и в конечном счете заметную экономию потребителям этого дорогостоящего технологического инструмента.

Наше предприятие пошло пока по пути ремонта небольших листовых и сортовых валков с использованием технологий бандажирования и наплавки среднелегированными материалами.

В настоящее время нами отработана технология ремонта опорных валков с диаметром бочки 350 мм и рабочих валков с диаметром бочки 120 мм, изготовленных из сталей 9Х2МФ методом бандажирования для ОАО «Калужский ЗОЦМ». В качестве бандаж были использованы кованные пустотелые заготовки с толщиной стенки 25-30 мм из среднелегированных марок сталей. После закалки с отпуском производилась посадка готовых бандажей на горячую, окончательная шлифовка бочек валков и их отпуск. Результаты эксплуатационных испытаний показали достаточно высокую работоспособность бандажированных валков и технико-экономическую целесообразность такой технологии ремонта.

Разработанная нами технология ремонта рабочих валков из стали 40ХН2МА с диаметром бочки 195 мм для агрегата совмещенной разливки и прокатки ОАО «Электросталь» с использованием высокохромистого среднеуглеродистого наплавочного материала показала ее технико-экономическую целесообразность.

Коллектив НПО «Восстановление» успешно продолжает разработку и освоение новых материалов и технологий для изготовления и ремонта технологического инструмента и ответственных деталей металлургического оборудования.

#### **Литература**

1. Покровский А. М., Пешковцев В. Г., Земсков А. А. Оценка трещиностойкости бандажированных прокатных валков // Вестник машиностроения, 2003. № 9 – с. 44-48.
2. Шулаев В. М., к.ф.-м. н., с. н. с. Редкокаша А. П., к.т.н. Листопад Д. А., Вакуумная термообработка — основа перспективных промышленных технологий // Оборудование и инструмент для профессионалов| металлообработка. № 5 - 2013 с. 18-20.
3. Рябцев И. А., Сенченко И. К. Теория и практика наплавочных работ. – К.: «Скотехнологія», 2013. - 400с.
4. Геллер Ю. М. Инструментальные стали. М. - Металлургия. - 1983, 527

# Внедрение системы менеджмента качества как один из основных шагов к освоению новых рынков сбыта

Лавров А.С., ООО «ТМ.ВЕЛТЕК», г. Киев

**Доклад на конференции «Эффективные технологии при изготовлении, ремонте и восстановлении деталей» г. Днепропетровск 6-7 октября 2015 г.**

Сложное состояние украинской экономики, обусловленное политическим и экономическим кризисом в последние годы, уменьшением объемов продаж практически во всех сферах производства, поставило перед руководством предприятий очень сложные задачи – «выжить» в сложившейся ситуации и использовать кризис как средство для освоения новых рынков сбыта и увеличения доли на собственном рынке.

Реализация данных задач невозможна без сертификации и стандартизации продукции согласно международным стандартам и внедрения системы менеджмента качества (СМК). На сегодняшний день всем производствам и фирмам необходимо пройти переходный период на перевод продукции под международные стандарты для развития производства или фирмы в ближайшем будущем.

Плюсы перехода на новые стандарты:

- Обеспечение развития предприятия в будущем
- Переход продукции на международные стандарты EN ISO практически всегда приводит к повышению качества продукции и расширению ассортимента
- Переход продукции на новые стандарты обеспечивает новые рынки сбыта
- Переход продукции на новые стандарты обеспечивает увеличение доли рынка в своей стране
- За счет освоения новых рынков сбыта и повышения качества продукции увеличится прибыль, рост капитала и стоимость бизнеса

Основным минусом являются затраты на переоснащение производства и прохождение сертификации продукции. Высокие риски при освоении новых технологий и оборудования и конкурентоспособности продукции на новых рынках.

Внедрение СМК на предприятии – залог развития фирмы. Без действующей СМК на предприятии не будет развития предприятия, что приведет в конечном итоге к постепенному снижению экономических показателей производства и банкротству фирмы.

Внедрения СМК на предприятии имеет ряд положительных и отрицательных сторон.

Положительные стороны:

- Сокращение затрат и увеличение прибыли, повышение стоимости бизнеса
- Снижение количества брака и потерь
- Повышение конкурентоспособности, сохранение лояльности потребителей
- Увеличение рынков сбыта продукции. Увеличение доли рынка в стране

- Улучшения показателей организационной деятельности и производственной
- Повышение результативности принятия решений, оптимизирование используемых ресурсов, оптимизация ведения всей документации
- Обеспечения стабильного качества продукции и постоянное усовершенствование процессов, технологии, качества и др.

Отрицательные стороны:

- Большое количество ведения документов, как в электронном, так и в бумажном виде
- Затраты на внедрение СМК, постоянное ее ведение и улучшение
- Большое количество проверок, инспекций, внешних и внутренних аудитов

Как следует из вышесказанного предприятие, внедрившее СМК, получает значительно больше, чем теряет.

В 2015 г. вышел новый стандарт ISO 9001:2015 (версия DIS) взамен действующему стандарту ISO 9001:2008. Изменение стандарта влечет за собой корректировку в работе систем качества сертифицированных организаций. Разработать корректирующие мероприятия и реализовать новые требования необходимо в ограниченные сроки.

После принятия окончательной версии стандарта ISO 9001:2015 переходный период составит три года. (2 года - 2016-2017 г.)

На сегодняшний день в планах всех предприятий должно быть включено обучение специалистов, занимающихся сертификацией и управлением качеством требованиям и правилам новой редакции стандарта.

Обучение по ИСО 9001:2015 (DIS и FDIS) носит только информационный характер. Его цель – подготовить организации к внедрению новых требований. Темы и вопросы к курсу ИСО 9001:2015 дают представление о применении стандарта.

Новая версия ISO 9001:2015 содержит целый ряд существенных изменений, которые переводят этот стандарт на новый уровень в сравнении с версией ИСО 9001:2008. Основная цель изменений стандарта заключается в необходимости сосредоточиться на управлении процессами. Предполагается, что изменения, внесенные в новую версию стандарта ISO 9001:2015 позволят создать стабильный набор требований на ближайшие десять и более лет. Этот набор требований сможет оставаться неизменным в постоянно меняющихся внешних экономических и бизнес условиях.

#### Ключевые изменения:

- Изменена структура стандарта ISO 9001:2015. Количество разделов новой версии увеличено до десяти. Такое расширение сделано для того, чтобы обеспечить совместимость между различными стандартами системы менеджмента качества.
- Отход от классических корректирующих и предупреждающих действий. Вместо этого, новая версия стандарта ИСО 9001:2015 предлагает применять модель управления рисками.
- Переход от понятий «документ» (ISO 9001:2008 п.п. 4.2.3) и «записи» (ISO 9001:2008 п.п. 4.2.4) к понятию «документированная информация». Этот переход позволил отказаться от применения документированных процедур и руководства по качеству. В новой версии ИСО 9001:2015 этих документов не требуется.
- Применение понятия «контекст организации». Новая версия стандарта требует от организаций учитывать множество факторов, которые могут влиять на систему и ее устойчивость и др.

#### Выводы:

На сегодняшний день перед всеми производителями стоит основная задача «выжить» и реализовать свою продукцию, как на украинском рынке, так и на других рынках. Для этого предприятие (фирма) должно развиваться и внедрять СМК, сертифицировать продукцию по стандартам EN ISO.

Основным минусом по внедрению СМК есть значительные средства на ее внедрение и поддержание. Но после внедрения и эффективного поддержания СМК через 1-2 года данные средства будут полностью возвращены.

В связи с переходом на новый стандарт ISO 9001:2015 необходимо проведение обучения ИТР требованиям и правилам новой редакции стандарта.

Внедрение СМК и переход продукции на международные стандарты EN ISO есть не только необходимость, но и будущее для любого производства или фирмы. Освоение новых рынков сбыта и увеличение объемов продаж на своем рынке без СМК и стандартизации продукции невозможно.

## Восстановительная наплавка деталей металлургического оборудования порошковыми проволоками в ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»

**Л.Н. Орлов, А.А. Голякевич (ООО «ТМ.ВЕЛТЕК», Киев, Украина)**

*стендовый доклад на конференции СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ (25–26 ноября 2013 г., Киев, Украина).*

Электродуговая наплавка порошковой проволокой занимает прочные позиции в реновации деталей машин и механизмов металлургического оборудования.

Для восстановительной наплавки роликов МНЛЗ предприятие ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» изготавливает порошковую проволоку ВЕЛТЕК-Н470 диаметром 2,0–4,0 мм в сочетании с флюсами АН-20 и АН-26 и самозащитную ВЕЛТЕК-Н470С диаметром 2,0–2,4 мм. Эти порошковые проволоки обеспечивают самопроизвольное отделение шлаковой корки, отсутствие пор и трещин в наплавленном металле при соблюдении технологических рекомендаций. Сопоставительные испытания порошковых проволок ВЕЛТЕК-Н470 и ВЕЛТЕК-Н470С показали, что они находятся на уровне проволок ведущих зарубежных компаний ОК15.73 (ЭСАБ), 4142ММ-S LC, 414ММ-S (Weldclad), WLDC-3N (Welding Alloys). Наплавленные ролики имеют ресурс не менее 1,5 млн. т.

Прокатные валки – основной технологический инструмент в прокатном переделе металлургических заводов. От их надежности, износостойкости рабочей поверхности, межремонтного срока службы в основном зависят технико-экономические показатели работы прокатных цехов и в первую очередь производительность прокатных станов, качество готового проката и затраты на его производство. ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» совместно с металлургическими заводами КГМК «Криворожсталь», ДМК им. Дзержинского и МК «Запорожсталь» выполнен комплекс работ, направленных на совершенствование наплавочных материалов, технологии и оборудования для наплавки прокатных валков. На базе стандартных порошковых проволок марок ПП-Нп-35В9Х3СФ и ПП-Нп-25Х5ФМС были отработаны системы легирования и разработаны новые порошковые проволоки с учетом условий эксплуатации прокатных валков: ВЕЛТЕК-Н370-РМ, ВЕЛТЕК-Н460, ВЕЛТЕК-Н500-РМ, ВЕЛТЕК-Н500-РМ, ВЕЛТЕК-Н505-РМ, ВЕЛТЕК-Н550-РМ. Наплавка этими проволоками выполняется под флюсами АН-20, АН-26, АН-348А. Использование предлагаемых проволок повысило эффективность работы прокатных валков.

Актуальна задача повышения эффективности использования трубопрокатных станов, в том числе путем увеличения срока межремонтной службы валков.

Совместно с Никопольским заводом бесшовных труб ЗАО «Нико Тьюб» выполнены работы по внедрению в процесс упрочняющей наплавки валков непрерывного стана порошковой проволоки ВЕЛТЕК-Н480НТ с системой легирования С–Si–Mn–Cr–V–Mo–W. Проволока обеспечивает устойчивый процесс наплавки под флюсами АН-20С, АН-26П на постоянном токе обратной полярности, легкую отделимость шлаковой корки, отсутствие тре-

щин и пор в наплавленном металле. Твердость наплавленного металла HRC 50–56. Повышение качества прокатываемых труб и увеличение срока службы прокатных валков стало итогом применения проволоки на ЗАО «Нико Тьюб».

Для ремонта деталей металлургического оборудования в арсенале ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» имеется целая гамма порошковых проволок.

Самозащитная порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н250-РМ диаметром 1,6–3,0 мм успешно применяется при восстановлении подушек прокатных клетей и ножиц, шпинделей и муфт приводов прокатных валков, звездочек, втулок, валов, ступиц и др. По своим характеристикам ВЕЛТЕК-Н250-РМ на уровне лучших зарубежных образцов проволок, например DUR 250-FD (Bohler).

Реализована наплавка кернов клещевых кранов и губок стрипперного крана, которые в процессе эксплуатации испытывают ударные и сжимающие нагрузки в условиях высоких температур. Керны контактируют с металлом, разогретым до 800–1250 °С и подвержены термоциклированию (периодическое охлаждение в баках с водой). Для этой цели применена самозащитная порошковая проволока марки ВЕЛТЕК-Н480С диаметром 2 мм с системой легирования (С–Cr–W–Mo–V–Ti), которая обеспечивает твердость наплавленного металла после наплавки HRC 50–54, горячую твердость HRC 40–44 при 600 °С. Применение механизированной наплавки проволокой ВЕЛТЕК-Н480С взамен электродов Т-590, Т-620 позволило повысить срок службы кернов в 4–5 раз. Задача восстановления кернов решена в комплексе (оборудование – материал – технология).

Для наплавки крановых колес предлагаются порошковые проволоки марок ВЕЛТЕК-Н300-РМ, ВЕЛТЕК-Н350-РМ диаметром 1,6–4,0 мм. Наплавка осуществляется под флюсами АН-348, АН-60 или в углекислом газе. В последние годы успешно применяется ВЕЛТЕК-Н300-РМ взамен сплошной проволоки Нп-30ХГСА. Для наплавки колес тяжело нагруженных кранов разработана технология наплавки под флюсом АН-348 порошковой проволокой марки ВЕЛТЕК-Н285 диаметром 3,6 мм. Хромомарганцовистый наплавленный металл со структурой метастабильного аустенита обеспечивает высокую износостойкость колес вследствие развития процесса самоупрочнения под воздействием наклепа.