

УДК 621.771.07

ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Автухов А.К. к.т.н., доцент

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)

Приведена технология подготовки валков к наплавке. Изучена возможность использования сталей 45 и 35ХГСА отлитых методом ЭШП в качестве подслоя для восстановления валков изготовленных из низколегированного хромоникелевого чугуна

Постановка проблемы. Валки являются основным рабочим инструментом в прокатном производстве, при помощи которого осуществляют деформацию металла, обжатие и вытяжку слитков и заготовок.

Валки отличаются друг от друга по форме и размерами в зависимости от вида продукции, которую необходимо получить. У валков листовых станов бочка гладкая. На поверхности валков сортовых станов выточены ручьи, соответствующие профилю прокатываемого металла.

Для изготовления валков используют стали и чугуны различных марок. Стальные литые и кованные валки, обладающие высокой прочностью, но менее износостойкие применяют в менее нагруженных клетях. Чугунные литые валки менее прочные, чем стальные, но более износостойкие применяют в предчистовых и чистовых клетях листопрокатных, сортопрокатных и трубных станах.

Валки горячей прокатки в работе подвержены разнообразным циклическим по характеру и величине воздействиям: они нагреваются от прокатываемого металла и охлаждаются водой, испытывают большие удельные давления и напряжения от изгиба и кручения. В очаге деформации имеет место перемещение прокатываемого металла относительно поверхности валка. В результате действия охлаждающей среды, температуры и высокого удельного давления в рабочем поверхностном слое возникают окислительно-коррозионные процессы. Работа валков в таких условиях сопровождается их износом, который проявляется в искажении формы рабочей поверхности бочки или калибра, в уменьшении диаметра и образовании сетки трещин с последующим выкрашиванием.

Прокатные валки в процессе эксплуатации подвергаются переточкам, число которых определяется диаметром валка, глубиной рабочего слоя и допусками. Валки исполнения ЛПХНМд-71 и ЛПХНМд-73 с глубиной рабочего слоя 22-43мм при использовании на стане 1700 Мариупольского комбината им. Ильича перетачивают до 47 раз за весь период эксплуатации. При этом диаметр валков уменьшается с 677мм до 635мм. Одним из способов

повышения срока службы валков может быть восстановление их рабочего слоя наплавкой.

Анализ исследований. В настоящее время, как в странах СНГ так и за рубежом накоплен большой опыт восстановления наплавкой рабочего слоя стальных и чугунных валков [1-5]. Наплавка позволяет компенсировать изношенный слой и существенно увеличить долговечность валков, сократить их расход, повысить производительность прокатных станов.

Технология наплавки валков предусматривает их специальную подготовку. Перед наплавкой поверхность валка, изношенную в процессе эксплуатации, протачивают для полного удаления трещин и других дефектов. К необходимому элементу технологии наплавки следует отнести предварительный подогрев валка, который зависит от его размера и типа наплавляемого металла. Чем легирование наплавляемый металл и больше масса валка, тем выше температура подогрева. Эта операция необходима для предотвращения возникновения трещин, снижения внутренних напряжений, улучшения сцепляемости слоев и получения оптимальной его структуры. После наплавки валки подвергаются термической и механической обработке. Режимы обработки выбирают с учетом типа наплавленного металла и требований, предъявляемым к валкам.

Режим наплавки устанавливается индивидуально для валков каждого типа. При наплавке следует стремиться к получению слоя с минимальным припуском на механическую обработку.

Для валков с калибрами был предположен способ ремонта [6], при котором обточку их производили на глубину максимальной выкрошки реборды калибра, а затем осуществляли наплавку по месту его обточки. При этом наплавку производили так, чтобы восстанавливаемый слой соответствовал профилю калибра, но вместе с тем имел бы достаточный припуск на обработку.

Для восстановления рабочего слоя валков применяют различные способы наплавки: ручную электродуговую, газокислородную, порошковыми проволоками, электродными лентами, электрошлаковую.

Для восстановления рабочего слоя чугунных валков исполнений ЛПХНМд-71 и ЛПХНМд-73 наиболее целесообразно применять электрошлаковую наплавку в токоподводящем кристаллизаторе.

Технология такой электрошлаковой наплавки стальных и чугунных прокатных валков была впервые испытана на Макеевском металлургическом комбинате и производилась хромистой чугунной дробью фракции 0,5–4,0 мм [7]. В табл. 1 приведены данные о химическом составе дробы и наплавленного металла.

Наплавку стальных заготовок валков диаметром 360–380 мм слоем толщиной 25–35 мм выполняли при жидком старте и электрических параметрах: $U=40$ В, $I=5500$ А. Производительность наплавки составляла – 70–80 кг/ч. Твёрдость наплавленного слоя изменялась от 46 до 52 HRC.

Таблица 1 Содержание компонентов чугунной дроби и наплавленного слоя валка

Материал	Химический состав, %								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
Дробь	2,45	0,65	0,65	20,17	1,35	1,40	0,29	0,048	0,08
Наплавленный слой	2,36	0,67	0,72	19,29	1,47	1,20	0,11	0,015	0,10

Чугунные сортопрокатные валки исполнений СШХН и СПХН мелкосортного стана 350–2 наплавливали с предварительным подогревом до 350–400°C и при более низком напряжении, чем стальные ($U=35$ В).

В настоящее время специалистами института Е.О.Патона разработано оборудование для электрошлаковой наплавки валков с гладкой бочкой диаметром от 250 до 900 мм [8].

Одним из наиболее сложных вопросов при восстановлении валков является получение качественного восстановленного рабочего слоя и обеспечение необходимого его сцепления с бочкой. Имеющийся опыт показывает, что для обеспечения качественного сцепления восстановленного слоя с отличающимся материалом сердцевины после механической обработки на валки необходимо наносить подслой. Для наплавки подслоя (промежуточного – между основным металлом и рабочим) применяют проволоки Св-08, Св-19ХГСА или НП-30ХГСА и флюс АН-348А. Практика показывает, что при наплавке валков в процессе их ремонта, изготовленных из сплавов содержащих 0,6%С и выше, нанесение подслоя является обязательным.

Цель исследования. Изучение особенностей структурообразования и качества рабочего слоя валков, восстановленных методом электрошлаковой наплавки.

Результаты исследований. Сущность электрошлакового процесса заключается в использовании тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через электропроводный флюс. В результате этого флюс расплавляется и перегревается, превращаясь в источник тепла в виде шлаковой ванны, нагретой до более высоких температур, чем металл. При ЭШН металл поступает в жидкую шлаковую ванну, которая является не только источником тепла, но и рафинирующей средой. Эффективность процесса зависит, в основном, от состава и свойств используемых шлаков.

Рафинирующее действие шлаковой ванны определяется равномерностью тепловыделения и теплораспределения по всему объему. Шлаковая ванна находится в непрерывном движении относительно металла благодаря конвективным потокам, вследствие чего нагрев металла происходит с высокой скоростью. Благодаря высокой рафинирующей способности шлака снижается содержание вредных примесей, неметаллических включений и газов, что обеспечивает получение высококачественного металла.

Учитывая то, что восстановление валков исполнений ЛПХНМд-71 и

ЛПХНМд-73 требует нанесение подслоя, изучали использование для него сталей 45 и 35ХГСА отлитые методом ЭШП с последующим нанесением чугунного слоя.

Изучение неметаллических включений проводили в стали 35ХГСА, отлитой методом электрошлакового переплава (рис.1). Это позволило установить, что сульфиды (Mn, Fe) S имеют бипирамидальную, реже дендритовидную и булавовидную форму. Размеры бипирамидальных включений находятся в пределах – длиной от 8...15 до 40 и шириной от 3...5 до 20 мкм. В отраженном свете включения сульфидов непрозрачны и лишь изредка просвечивают зеленовато-коричневым цветом.

Эллипсоидные кремнезёмовые включения, обнаруженные в стали 35 ХГСА отлитой методом электрошлакового переплава имеют размеры от 20...30 до 60 мкм. В исследуемой стали 35 ХГСА, отлитой методом ЭШП выявлено довольно много включений экзогенного кварца. Их размеры – от 8 до 25 мкм.

Эндогенные оксидные включения представлены зернами корунда ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) и кристалликами шпинелей, среди которых выявлены галаксит (MnAl_2O_4) и глинозёмная шпинель ($\text{Fe Al}_2\text{O}_4$).

Общее количество выявленных включений в стали 35 ХГСА, полученной методом электрошлакового переплава в 1,5-1,8 раза меньше, чем в аналогичной стали без рафинирующего переплава.

Таким образом, на основании сопоставительных исследований установлено, что сталь 35ХГСА, отлитая методом ЭШП, содержит значительно меньше неметаллических включений, чем кованая. Природа неметаллических включений также существенно отличается.



- 1 - сульфиды,
- 2 - агрегатные скопления зерен корунда и шпинелей,
- 3 - отдельные изолированные зерна корунда и шпинелей,
- 4 - кремнезёмные включения,
- 5 - нитриды титана,
- 6 - включения кварца,
- 7 - включения карбидов.

Рис.1 - Электролитически выделенные неметаллические включения в отлитой методом ЭШП стали 35 ХГСА неметаллические включения (свет проходящий, иммерсия, $N=1,600$) ; $\times 200$

Минеральный состав эндогенных оксидных фаз практически одинаков, это – корунд и шпинели. Однако, в кованой стали наблюдаются преимущественно скопления таких включений, а в стали, отлитой методом электрошлакового переплава встречаются лишь - отдельные разрозненные.

Механические свойства стали 35 ХГСА, отлитой методом ЭШП, заметно превосходят кованую. Так, предел прочности и текучести возрастает в 1,2, а ударной вязкости-4,4 раза.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при восстановлении рабочего слоя валков исполнения ЛПХНМд-71 и ЛПХНМд-73 возможно электрошлаковой наплавкой наносить подслои из стали 35ХГСА с последующим формированием рабочего слоя из чугуна.

Проведенные исследования по восстановительной электрошлаковой наплавке валков из низколегированного хромомолибденового чугуна на сталь 45 показали, что микроструктура подслоя представляла собой феррито-перлитную смесь. При этом, перлит отличался различной степенью дисперсности – от сильно разреженного до троостита (рис.2).

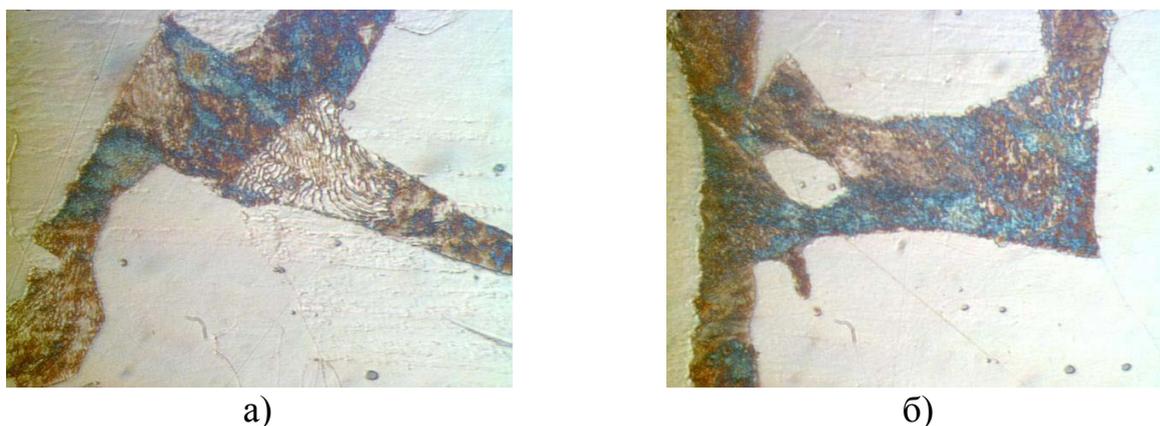


Рис. 2 - Участки разреженного перлита (а) и троостита (б) в стали марки Ст. 45, $\times 1000$

Зона термического влияния основы неоднородна и изменяется в пределах 20–30 мкм. Она также характеризуется наличием перлита различной дисперсности. Ферритная составляющая в ней не превышает 1–2% (рис. 3).

Переходная структура восстановленного валка представляла собой структуру троостита, мартенсита и цементита (см. рис. 3, а).

В зоне ЭШП структура также неоднородна. Она представлена цементитом, трооститом, бейнитом и мартенситом (рис. 4).

Анализом микроструктур, полученных во вторичных электронах (рис.5-7) выявлено наличие окислов (темные включения) в зонах наплавки и термического влияния. Это подтверждено и локальным спектральным анализом. Кроме того, в карбидной фазе формируются поры (см.рис. 5, б) и трещины (см.рис. 7, б). Одновременно, микротрещины выявлены и в зоне термического влияния, а также в основном металле (см.рис. 5, а).

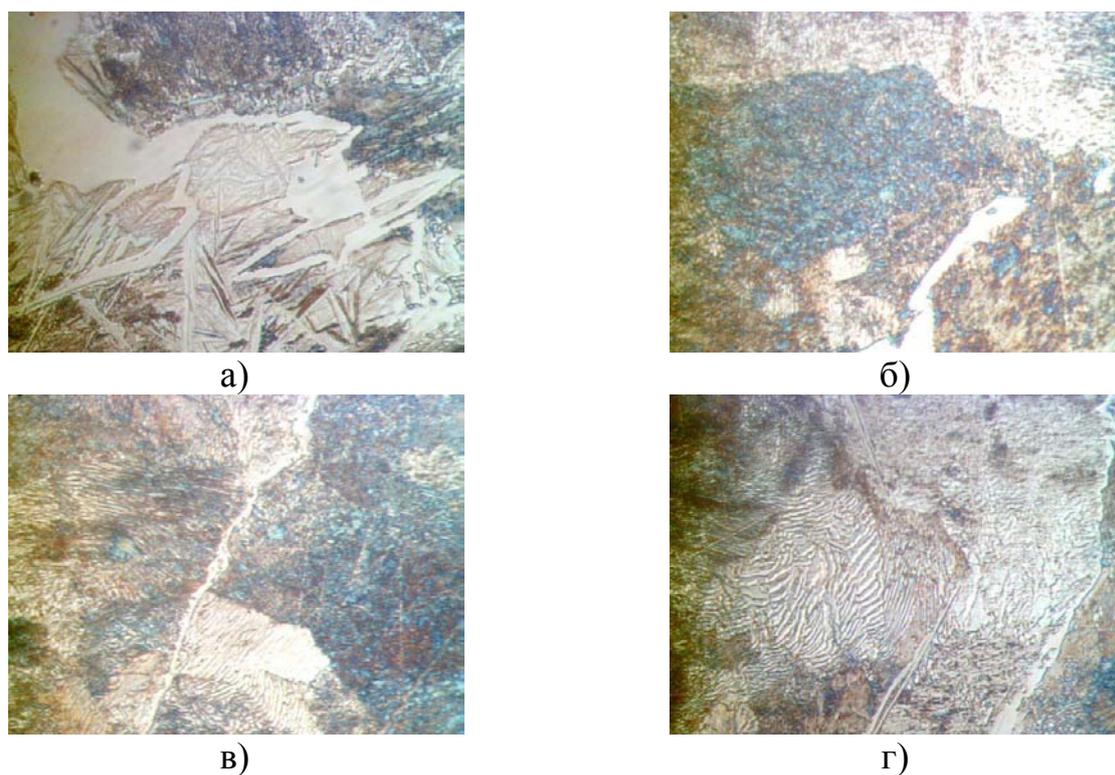


Рис.3 - Микроструктура переходной (а) и зоны термического влияния(б–г) при электрошлаковой наплавке с подслоем из стали марки Ст. 45, $\times 1000$

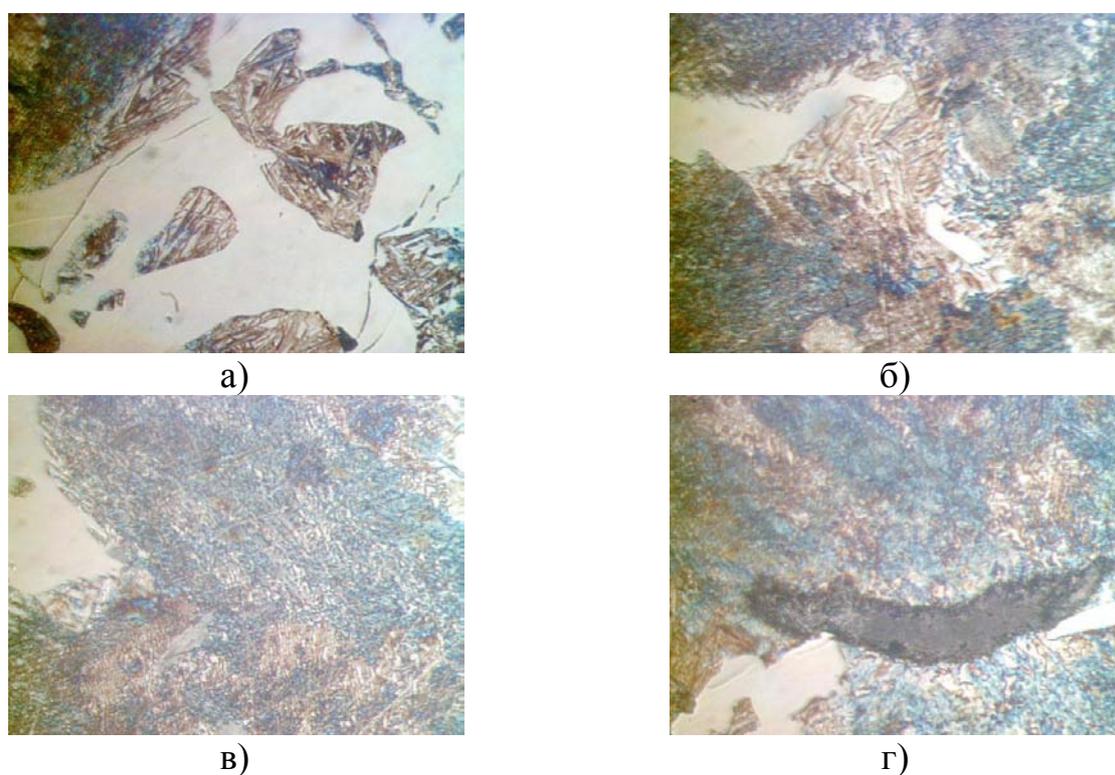


Рис. 4 - Микроструктура в зоне электрошлаковой наплавки чугуна с участками цементита (а), мартенсита (б), троостита и бейнита (в), отдельных сульфидных включений (г), $\times 1000$. Травление 4%-ным раствором HNO_3

Виявлено наличие трещин при ЭШН, вероятно, связано с недостаточным подогревом исходной заготовки и быстрым охлаждением после наплавки, а поробразование – с окисленностью наносимого металла.

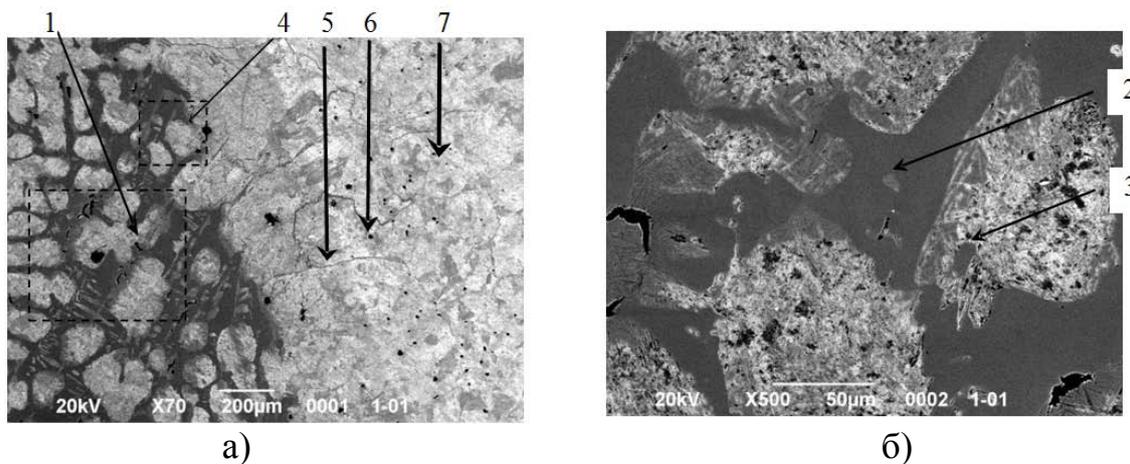


Рис. 5 - Микроструктура наплавленного слоя, переходной зоны и зоны термического влияния во вторичных электронах: а – общий снимок; б – наплавленный хромоникелевый сплав. Травление 4%-ным раствором HNO_3

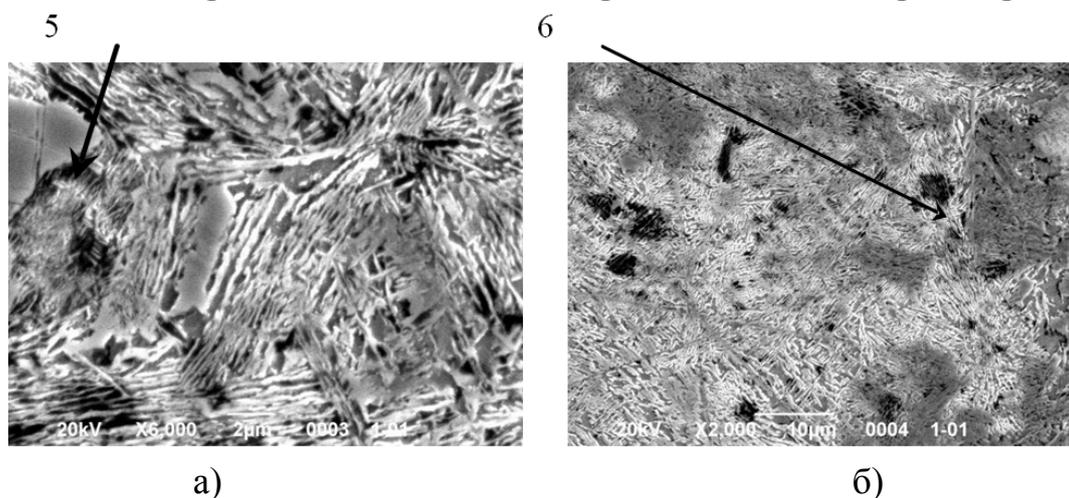


Рис. 6 - Микроструктура переходной зоны во вторичных электронах: а – рядом с наплавленным слоем (зона 5) см. рис.4; б – ближе к основе стали марки Ст.45 (зона 6). Травление 4%-ным раствором HNO_3

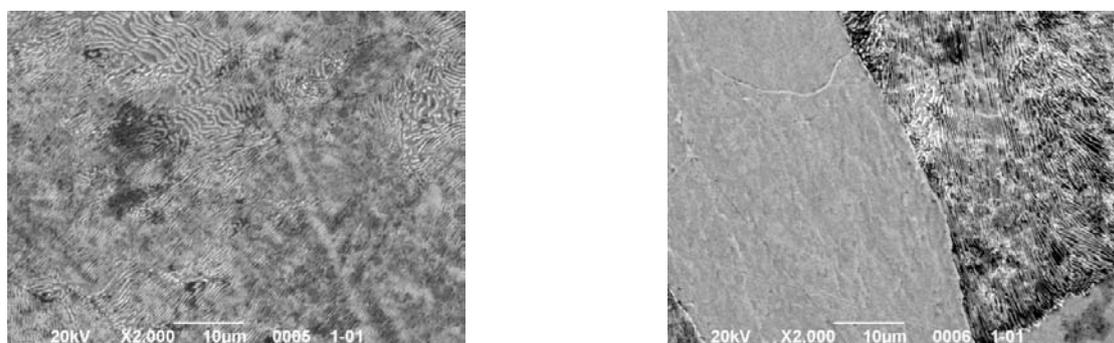


Рис.7 - Микроструктура зоны термического влияния во вторичных электронах (рядом с переходной зоной)

Выводы. Выполненный анализ показывает, что в качестве подслоя для восстановления рабочего слоя валков различных исполнений возможно использовать сталь 35ХГСА или сталь 45, но требуются дополнительные исследования для разработки параметров предварительного подогрева и электрошлаковой наплавки, которые бы обеспечили минимизацию порообразования, повышенную сцепляемость с переходным слоем и отсутствие дефектов на границе раздела.

Список литературы:

1. Повышение стойкости и срока службы прокатных валков методом наплавки / [Фрумин И.И., Ксендзык Г.В., Кондратьев И.А., Гладкий Л.В.] // Черная металлургия. [Бюл.НТИ]. 1986.-№7.-с.11-19.
2. Бендрик В.Г. Опыт работы Ждановского металлургического комбината им. Ильича по восстановлению прокатных валков методом электродуговой наплавки / В.Г. Бендрик, Д.И. Зерницкий // Черная металлургия. [Бюл.НТИ].-1986.-№11.-С.49-50
3. Бендрик В.Г. Совершенствование технологии наплавки стальных валков станов горячей прокатки / В.Г. Бендрик, К.К. Степанов// Металлург.-1987. - №9.-С.30-31
4. Электрошлаковая наплавка валков горячей прокатки / Ксендзы Г.В., Фрумин И.И., Аксенов И.Н. . [и др.] - Автоматическая сварка.- 1969. - №11. – С.60 -63.
5. Бэгшоу Т., Летчер П., Крофтс Р. Применение ЭШП для улучшения качества валков // Электрошлаковый переплав (Материалы Международной конференции по технологии электрошлакового переплава, г. Шеффилд, анлия, 10-11 января 1973 г.) Вып.2. Киев: Наукова думка. 1974. С.131-148.
6. А.С. 1722762 СССР В23 Р 6/00. Способ ремонта прокатных валков./Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, А.К. Автухов и др. (СССР).- №4780841/27; Заявлено 09.01.90; Опублик. 30.03.92. Бюл.№12
7. Производство и применение прокатных валков: Справочник./ Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, Н.М. Александрова и др. Под ред. Проф. Т.С. Скобло-Х.: ЦД №1.2013-572с.
8. Кусков Ю.М. и др. Электрошлаковая наплавка/ Под ред. А.Ф. Пименова.-М.: ООО «Наука и технология».-2001.-180 с., ил.ISBN 5-93952-007-3

Abstract

Increase service life of rolls

Avtukhov A. K.

Refer technology of preparation of rolls for surfacing. Studied possibility of use of steels 45 and 35CMSA cast method of ESR as a sublayer for recovery rollers made of low doped chrome-nickel cast iron.