

**А.А.Азаркевич*, Л.В.Коваленко*, А.Д.Лебедев*,
И.В.Ганошенко, Е.В.Гончаренко, О.И.Труфанова*****

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНО-ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ

** УкрНИИМет, ** ОАО "МК «Азовсталь»*

Применительно к условиям МК "Азовсталь" разработана усовершенствованная технология поверхностной закалки головки рельсов с нагрева ТВЧ, предусматривающая закалку как поверхности катания, так и боковых граней. Технология позволила повысить эксплуатационную стойкость рельсов.

Технология упрочняющей термической обработки железнодорожных рельсов Р65, разработанная УкрНИИМет совместно с ОАО "МК "Азовсталь", включает нагрев головки рельсов ТВЧ и последующее двухстадийное охлаждение (первичное и вторичное) в рельсозакалочной машине (РЗМ) рельсобалочного цеха ОАО "МК "Азовсталь". В процессе термической обработки рельсы, состыкованные в непрерывную нить, последовательно проходят в положении "на подошве" через индукторы и охлаждающие устройства. По окончании нагрева температура поверхности головки рельса достигает 920–970⁰С. Первичное охлаждение головки рельсов производят в охлаждающем устройстве, состоящем из шести последовательных секций (коллекторов с форсунками), где охлаждение осуществляют водовоздушной смесью, подаваемой сверху на поверхность катания головки. Схема распределения расхода воды по секциям первичного охлаждающего устройства должна предотвращать образование бейнита или мартенсита на поверхности головки и обеспечивать требуемую скорость охлаждения глубинных слоев головки. Снижение температуры поверхностного слоя головки до 190–330⁰С на глубине до 2 мм, при условии завершения превращения в перлитной области, уже не оказывает влияния на структуру металла поверхности головки.

После завершения первичного охлаждения происходит в течение 30–40 с разогрев поверхности головки за счет тепла глубинных слоев, а затем выдержка в течение 1 мин при температуре разогрева, в процессе которой происходит как окончание распада аустенита (не распавшегося в процессе охлаждения), так и осуществляется самоотпуск рельсов. По окончании выдержки производят вторичное охлаждение рельсов водой до температуры не более 70 С.

Структура металла головки рельсов при такой обработке состоит из сорбита или троостита закалки. Глубина закаленного слоя (с твердостью

не менее 33,5 HRCэ) составляет по оси 11–15 мм и на выкружках 13–17 мм. Твердость поверхности катания находится в пределах 341–388 НВ.

Разработанная технология обеспечивает получение рельсов требуемого качества – более 99% рельсов по таким параметрам как твердость (по поверхности и по сечению), временное сопротивление, предел текучести, удлинение, сужение, ударная вязкость и величина внутренних напряжений соответствуют требованиям технических условий ТУ У 322–00190319–1122–93.

Вместе с тем, достигнутый уровень качества рельсов не удовлетворяет современным требованиям. Так, в соответствии с ГОСТ Р 51685–2000 глубина закаленного слоя должна быть не менее 22 мм по всей ширине головки. Однако твердость боковых граней головки рельсов производства ОАО "МК "Азовсталь" недостаточна (более чем в 50% случаев твердость на расстоянии до 5 мм от поверхности боковых граней не превышает 33,5 HRCэ), что приводит к быстрому боковому износу рельсов, особенно в кривых участках пути. Низкая твердость боковых граней объясняется как низкой температурой нагрева в области нижней выкружки, так и тем, что в процессе охлаждения водовоздушная смесь не попадает на их поверхность, и скорость охлаждения оказывается недостаточной для закалки.

Для повышения скорости охлаждения боковых граней головки была разработана конструкция дополнительных боковых охлаждающих устройств, подающих водовоздушную смесь непосредственно на поверхность боковых граней. Эти устройства с помощью регулируемых подвесок были установлены попарно (слева и справа) на верхних коллекторах первичного охлаждающего устройства таким образом, чтобы струи водовоздушной смеси попадали на центральную и нижнюю часть боковой грани головки рельса и не воздействовали на струи верхних коллекторов. Для увеличения глубины прогрева скорость движения рельсов через РЗМ уменьшили от 43–44 мм/с до 40–41 мм/с при одновременном снижении мощности индукторов.

Эксперименты по отработке технологии закалки головки рельсов с учетом дополнительного охлаждения боковых граней были проведены на четырех плавках стали М76. Химический состав исследованных плавок представлен в таблице 1, а режимы термической обработки и свойства термообработанных рельсов приведены в таблице 2.

Через первую пару боковых коллекторов подавали только воздух, а через вторую, третью и четвертую пары боковых коллекторов (нумерация по ходу движения рельса) подавали водовоздушную смесь, варьируя расход воды, подаваемой на поверхность катания и боковые грани.

При визуальном осмотре шлифов от головки закаленных рельсов обнаружена симметричная относительно оси головки зона нагрева. Глубина зоны, нагретой до температуры выше A_{c1} , составила по оси (плавка 1) не менее 30 мм, при этом расстояние от боковой грани до конца этой зоны на

нижних выкружках составляет 16–18 мм. Глубина зоны, нагретой до температуры выше A_{c3} , составила по оси 17–20 мм, а расстояние от боковой грани до конца этой зоны на нижних выкружках – 9–11 мм.

Таблица 1. Химический состав исследованных плавок стали М76

Плавка	Массовая доля элемента, %							
	углерода	марганца	Кремния	серы	Фосфора	хрома	Никеля	меди
1	0,78	0,92	0,30	0,021	0,015	0,06	0,05	0,03
2	0,76	0,85	0,25	0,029	0,013	0,05	0,07	0,03
3	0,77	0,87	0,27	0,022	0,011	0,07	0,08	0,03
4	0,76	0,84	0,27	0,022	0,011	0,07	0,08	0,03
5	0,76	0,92	0,26	0,020	0,016	0,11	0,12	0,12

Дополнительное охлаждение боковых граней головки обеспечило получение закаленного слоя (с твердостью не менее 33,5 HRCэ) на боковых гранях глубиной 26–35 мм. Вместе с тем при повышенных расходах воды (как сверху, так и сбоку) максимальные значения твердости боковых граней достигали 43–47 HRCэ, что превышает требования технических условий (не более 42,5 HRCэ).

Необходимо отметить, что снижение температуры нагрева под закалку от 950 до 920⁰С, вследствие уменьшения глубины прогрева, при одновременном повышении температуры самоотпуска привело к уменьшению глубины закаленного слоя по оси головки от 17 до 13–16 мм.

Исследование механических свойств закаленных рельсов показало, что по таким параметрам как предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение и ударная вязкость они полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям, однако величина относительного сужения в ряде случаев значительно ниже требований технических условий (не менее 25%). Величина внутренних напряжений также не удовлетворяла предъявляемым требованиям – величина расхождения паза составила 3,5–4,5 мм (по техническим условиям не более 3,5 мм). Установлено, что, помимо троостосорбита, в структуре закаленных рельсов также содержатся участки мартенсита, отпущенного мартенсита, троостомартенсита и бейнита, причем с повышением расхода воды доля троостосорбита уменьшается, а доля мартенсита и бейнита, наличие которых не допускается, увеличивается.

Необходимо отметить, что даже при минимальном расходе воды (9,8 л/мин, пл.1), когда максимальная твердость боковых граней находилась в пределах 39–42 HRCэ, структура все же содержала участки бейнита и отпускаемого мартенсита.

Для обеспечения требуемых значений твердости по сечению, относительного сужения и величины расхождения паза, а также отсутствия в структуре мартенсита и бейнита, отрезки опытных рельсов подвергли отпуску в интервале температур 400–470⁰С. Применение отпуска при температуре 410–470⁰С обеспечило повышение значений сужения (от 16–25 до 26–36%), уменьшение величины раскрытия паза (от 4,2–4,5 до 0,6–3,5 мм) и отсутствие в структуре мартенсита и бейнита. При этом значения прочностных свойств и твердости практически не изменились. Полученные результаты позволили разработать технические условия ТУ У ДП 27.1–00190319–1288–2002 на рельсы с закаленными боковыми гранями и изготовить опытную партию таких рельсов.

Опытную партию рельсов с закаленными боковыми гранями изготовили из стали М76 (таблица 1, пл.5). Температура нагрева под закалку составила 940–965⁰С, а температура самоотпуска находилась в пределах 380–420⁰С. Суммарный расход воды на охлаждение сверху составил 11 л/мин и на охлаждение сбоку 3 л/мин (с одной стороны). После закалки рельсы подвергли отпуску при температуре 420⁰С в течение 3 часов.

Твердость по поверхности катания головки находилась в пределах 341–388 НВ. Механические свойства рельсов полностью соответствовали предъявляемым требованиям (табл.3). Глубина закаленного слоя на расстоянии 5 и 10 мм от боковой грани составила соответственно 30 и 25 мм, а по оси головки – 17 мм.

Таблица 3. Механические свойства рельсов опытной партии (пл.5)

Термооб- работка	Предел- текуче- сти, Н/мм ²	Времен- ное со- против- ление, Н/мм ²	Относительное		Ударная вязкость КСУ+20, Дж/см ²	Расхож- дение паза , мм
			удлине- ние	сужение		
			%			
	Требования ТУ У ДП 27.1-00190319-1288-2002					
	>795	>1196	>6	>25	>24,5	<3,5
Закалка	979	1293	10,5	28	44-50	3,8
Закалка с отпус- ком	925	1294	11,5	28	36-43	3,0-3,4

Опытная партия рельсов массой 113 т была принята инспекцией УкрЗалізниці по ТУ У ДП 27.1–00190319–1288–2002 и уложена на Львовской железной дороге на участке кривой малого радиуса для проведения эксплуатационных испытаний.