

Изобретение относится к металлургическому производству и может быть использовано при изготовлении железнодорожных рельсов.

Многолетний опыт эксплуатации железнодорожных рельсов показывает, что термическая обработка существенно повышает их надежность и долговечность.

Известен способ термообработки рельсов с закалкой в масле с печного нагрева, применяемый на Нижнетагильском металлургическом комбинате [1]. Рельсы, выпускаемые на НТМК по такой технологии, имеют высокий уровень механических свойств, усталостной выносливости и износостойкости.

Вместе с тем, в процессе термообработки рельсы деформируются в продольном направлении выпуклостью на подошву. При последующей правке в головке возникают растягивающие напряжения, крайне неблагоприятно влияющие на эксплуатационную стойкость рельсов. В частности, при наличии повышенного уровня растягивающих напряжений ускоряется возникновение и развитие поперечных усталостных трещин в головке [1].

Указанный фактор был учтен при разработке способа термоупрочнения, применяемого на МК "Азовсталь". Рельсы закаляются с поверхностного индукционного нагрева в упруго-изогнутом состоянии. Предварительно рельсы изгибают выпуклостью на головку, т.е. в направлении, противоположном деформации, возникающей после термообработки [1, 2].

Большинство рельсов, упрочненных по такой технологии, имеют малую стрелу прогиба (до 30мм на длине 25 м с выпуклостью на подошву) и не требуют дополнительной правки. В них сохраняется благоприятное распределение напряжений сжатием в головке [1].

Вместе с тем, часть термообработанных рельсов после выхода из роликозакалочного агрегата испытывают значительную деформацию, приводящую к появлению прогиба со стрелой 400 мм. Такие рельсы в обязательном порядке проходят правку. При существующих объемах производства на МК "Азовсталь" правке подвергаются до 20 тыс. тонн рельсов в год. Помимо того, что в этом случае в головке возникают растягивающие напряжения, сам процесс правки связан со значительными затратами на энергию, амортизацию оборудования и оплату труда рабочих,

В основу изобретения поставлена задача разработать способ термической обработки железнодорожных рельсов, в котором новое условие осуществления действий позволит уменьшить деформацию рельсов после термоупрочнения и за счет этого исключить операцию правки.

Для решения поставленной задачи в способе термической обработки рельсов, включающем поверхностный индукционный нагрев головки и охлаждение водовоздушной смесью в упруго-изогнутом состоянии, в соответствии с изобретением радиус изгиба рельсов в зоне нагрева и охлаждения устанавливаются по формуле:

$$R = \frac{h L^2}{8 h f + 2 L^2 \alpha \Delta t}, \quad (1)$$

где L - длина рельсов,

R - радиус изгиба,

h - высота рельса в поперечном сечении,

f - требуемая стрела прогиба,

α - линейный коэффициент термического расширения рельсовой стали,

Δt - разность между температурой конца фазовых превращений и температурой окружающей среды.

При решении поставленной задачи в предложенном способе учитывали ряд факторов, связанных с геометрией и химическим составом рельсов. Комбинатом выпускаются рельсы нескольких типоразмеров - Р50, Р75, Р65 и С49 (числа указывают массу в кг одного погонного метра), имеющих разное поперечное сечение. Кроме того, рельсы различаются по химическому составу: помимо обычной стали М76 используются стали с повышенным содержанием марганца, а также стали, легированные хромом, кремнием, титаном, ванадием. Несмотря на такое варьирование параметров изделия, радиус изгиба в активной зоне (нагрева и охлаждения) роликозакалочной машины во всех случаях выдерживается неизменным. Это приводит к неконтролируемым деформациям после закалки, в результате чего стрела прогиба в готовых рельсах колеблется в широких пределах.

В ходе проведенных исследований авторы установили, что степень конечной кривизны рельсов зависит от радиуса изгиба в активной зоне, длины и высоты рельса в поперечном сечении, а также разности температуры между областью фазовых превращений и температурой воздуха в цехе. При обработке экспериментальных данных было получено уравнение, связывающее перечисленные выше параметры:

$$f = \frac{L^2 (h - 2 \alpha R \Delta t)}{8 h R}, \quad (2)$$

где f - стрела прогиба;

h - высота рельса;

L - длина рельсов;

R - радиус изгиба в активной зоне;

α - линейный коэффициент термического расширения стали;

Δt - разность между температурой конца фазовых превращений и цеховой температурой.

После преобразования формула 2 принимает окончательный вид:

$$R = \frac{h L^2}{8 h f + 2 L^2 \alpha \Delta t}.$$

Предлагаемый способ прошел опробование в условиях МК "Азовсталь". Термообработке подвергалась партия рельсов Р65 из стали М76 (0,77% C; 0,26 Si; 0,85% Mn; 0,031% S; 0,022 P).

Рельсы закалялись в ролико-закалочном агрегате.

На чертеже представлен роliko-закалочный агрегат. В задающих приводных роliках происходит упругий изгиб рельсов до радиуса 90 м и подача в четыре роliка закалочной секции 2. В них рельсы изгибаются "на головку" с радиусом изгиба 24 м. Нагрев головки осуществляется индукторами 3. Роliки сохранения кривизны 4 служат для удерживания рельса в изогнутом состоянии в процессе охлаждения водо-воздушной смесью. Роliки 5 прижимают рельсы, выходящие из роliков сохранения кривизны.

Температура нагрева головки составляла 935-950°C. Половина рельсов (100 шт) термообработывалась с изгибом радиусом 24 м (стандартный), вторая половина - с радиусом 17 м. Эта величина была рассчитана по формуле 1

$$R = \frac{0,18 \cdot (25)^2}{2,14 \cdot 10^{-6} \cdot (25)^2 (400 - 25)} = 17,1 \text{ м.}$$

Длина рельсов составляла 25 м, высота профиля 0,18 м. Фазовые превращения (при скоростях охлаждения, достигаемых в роlikoзакалочной машине) протекают в данной стали в интервале 600-400°C. В качестве температуры конца превращения выбрано 400°C. При расчете исходили из требования полного устранения деформации, т.е. принимали $f=0$.

После термообработки оценивали кривизну рельсов измерением максимальной стрелы прогиба. Результаты приведены в таблице.

Как видно из таблицы, разброс в значениях стрелы прогиба рельсов, обработанных по стандартной технологии, достаточно высок, и около 75% из них имели кривизну более 30 мм, что требовало дальнейшей правки. В то же время почти 80% рельсов, закаленных по предлагаемому режиму, практически не имело кривизны, а оставшиеся 22% по величине стрелы прогиба уложились в пределы, исключающие необходимость дальнейшей правки.

Таким образом, предлагаемый способ, по сравнению с известным, позволяет снизить деформацию, что приводит к существенному снижению производственных затрат за счет устранения операции правки.

Результаты измерения стрелы прогиба рельсов

Режим т/о	Количество рельсов, шт. имеющих стрелу прогиба				
	до 10 мм	10-30 мм	30-60 мм	60-90 мм	90-120 мм
Стандартный (R=24 м)	5	21	38	26	10
Опытный	78	22	—	—	—



