



СОРТОПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 621.793:669.718.67:669.14—408.2:621.771.016.2—422

Исследование поверхностного слоя металла при получении круглого проката из передельной заготовки 20Г2Р с алюминиевым газотермическим покрытием

А.Г. Радюк (radjuk@rambler.ru), А.Е. Титлянов

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Исследовали эффективность предварительной защиты поверхности нагреваемой заготовки из стали 20Г2Р алюминиевым газотермическим покрытием при производстве круглого сортового проката. Полученное усредненное значение максимальных величин обезуглероженного слоя на готовом прокате соответствует требованиям нормативных документов, а толщина окалины оказалась в два раза меньше, чем на прокате из заготовки без напыления.

Ключевые слова: сталь 20Г2Р, сортовые заготовки, нагрев, защитные покрытия, напыленный алюминий, горячая прокатка, круглые профили, обезуглероживание, окисление.

Высокотемпературная газовая коррозия, происходящая при нагреве сортовых заготовок в обычной печной атмосфере перед прокаткой, ухудшает качество готового проката. Угар и окалинообразование приводят к потерям металла, увеличивают размеры поверхностных дефектов литейного происхождения, сопровождаются обезуглероживанием и газонасыщением, ухудшают качество поверхности и экологию производства. Наличие толстого слоя вкатанной окалины снижает качество готового проката и увеличивает трудозатраты при его зачистке. Поэтому разработка эффективных методов снижения потерь металла при горячей прокатке является актуальной научной и практической задачей. Положительный эффект электродуговой металлизации алюминием медных заготовок при горячей листовой прокатке был установлен ранее¹.

В работе изучали эффективность защиты поверхности исходной сортовой заготовки

от окалинообразования и обезуглероживания с помощью нанесения алюминиевого газотермического покрытия перед нагревом на стане 150 сортопрокатного цеха ОАО «Северсталь» при производстве круглого проката из стали 20Г2Р. Использовали заготовки сечением 100×100 мм плавки № 1 (ЭП63413) и № 2 (ЭП64540), прокатанные на стане 350 из непрерывно литых заготовок сечением 150×150 мм и затем зачищенные на станках «Генрих Рау». На заготовку плавки № 1 с помощью стационарного электродугового металлатора ЭМ-12М наносили защитное алюминиевое покрытие толщиной до 150 мкм; заготовка плавки № 2 без покрытия использовалась для сравнения. После нагрева в печи стана 150 обе заготовки (плавки № 1 и № 2) прокатывали на круг 6,5 мм.

Температурный режим нагрева заготовок в методической печи стана представлен в табл. 1 в сопоставлении с предусмотренным операционной картой (ОК) 105-17-01.01.5—07. Фактическое время нагрева составило 1 ч 43 мин, темп прокатки 130 шт./ч.

От заготовок после нагрева, от промежуточного раската и от готового проката опытных пла-

¹ А.Г. Радюк, А.Е. Титлянов, А.А. Бондаренко. Исследование поверхностных слоев при горячей прокатке меди с алюминиевым газотермическим покрытием//Производство проката. 2011. № 2. С. 15–19.

1. Температурный режим нагрева заготовок

Температура по зонам печи, °С			
сварочная зона		томильная зона	
фактическая	согласно ОК	фактическая	согласно ОК
1200	1200 ± 10	1280	1280 ± 10

вок отбирали пробы для определения состояния поверхности; количества, состава и толщины окалины; величины обезуглероженного слоя; испытаний на холодную осадку от готового проката¹.

Результаты исследования качества поверхности, распределение величины обезуглероженного слоя по периметру заготовки, промежуточного раската и готового проката, а также толщина окалины приведены на рис. 1, 2 и в табл. 2—6. На рис. 1 номера шлифов пробы плавки № 2 указаны без скобок, плавки № 1 — в скобках. При этом первые цифры номеров шлифов в табл. 2, 3 совпадают с последними цифрами номеров плавков.

01 (31)	02 (32)	03 (33)	04 (34)
012 (312)			05 (35)
011 (311)			06 (36)
010 (310)	09 (39)	08 (38)	07 (37)

Рис. 1. Схема вырезки шлифов по периметру пробы переката 100×100 мм

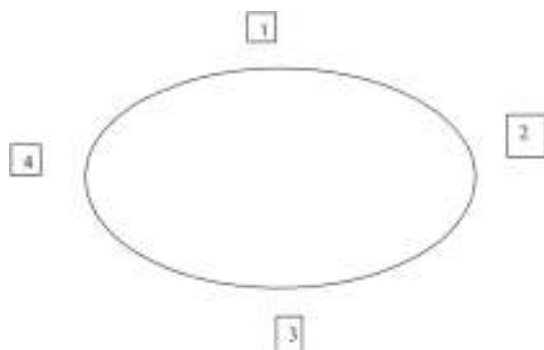


Рис. 2. Схема определения глубины обезуглероженного слоя по периметру пробы раската с покрытием за 9-й клетью стана 150

¹ В работе принимали участие Л.Н. Ронжина и Ю.Д. Панина

2. Данные по заготовке плавки № 2 после нагрева

Место измерения (номер шлифа)	Глубина обезуглероженного слоя, мм	Толщина слоя окалины, мм
01	0,4—0,6	0,05—0,11
02	0,4—0,5	0,15
03	0,4—0,5	—
04	0,3—0,4	0,07—0,12
05	0,26—0,32	0,17
06	0,26—0,4	0,19
07	0,25—0,4	0,18
08	0,25—0,5	0,1
09	0,27—0,5	0,4—0,7
010	0,33—0,55	0,12—0,14
011	0,4—0,6	0,07
012	0,3—0,55	0,07

3. Данные по заготовке плавки № 1 после нагрева

Место измерения (номер шлифа)	Глубина обезуглероженного слоя, мм	Толщина слоя окалины, мм
31	0,36—0,6	0,1—0,15
32	0,25—0,35	0,1
33	0,3—0,4	0,10—0,12
34	0,25—0,4	0,1
35	0,25—0,46	0,05
36	0,25—0,46	0,06
37	0,25—0,35	0,05—0,09
38	0,17—0,35	0,35
39	0,15—0,25	0,3
310	0,25—0,3	0,04—0,40
311	0,25—0,4	0,06—0,12
312	0,25—0,4	0,08—0,10

4. Данные по раскату после 9-й клетки стана для плавки № 1

Место измерения (номер шлифа)	Глубина обезуглероженного слоя, мм
1	0,1—0,16
2	0,13—0,35
3	0—0,15
4	0—0,25

Примечание. Толщина слоя окалины по периметру раската составляет от 0,01 до 0,07 мм.

Установлено, что обезуглероживание у готового проката из обычной заготовки больше, чем у проката с напылением, а именно — по максимальному значению на 0,2—0,4%, по средне-

5. Данные по состоянию поверхности и окалине готового проката плавков № 1 и № 2

Номер плавки	Состояние поверхности	Количество окалины, кг/т	Толщина, мм	Холодная осадка до 1/3 высоты образца
№ 1	Шероховатая с отпечатками глубиной до 0,3 мм, с инородными включениями.	6	0,01	Удовлетворительная
№ 2	Гладкая без плен, трещин, инородных включений.	3	0,01—0,02	То же
Требование ТУ14-105-695	Гладкая без плен, трещин, инородных включений, загрязнений и закатов. Допускаются отдельные отпечатки и рябизна глубиной не более 0,4 мм.	—	—	Удовлетворительная после термообработки

6. Данные по величине обезуглероженного слоя на разных участках мотков готового проката обеих плавков, мм/ %

Номер измерения	Плавка № 1			Плавка № 2		
	в начале	в середине	в конце	в начале	в середине	в конце
1	0,07/1,1	0,09/1,4	0,02/0,3	0,07/1,1	0,12/1,8	0,07/1,1
2	0,06/0,9	0,05/0,8	0,03/0,5	0,01/0,2	0,10/1,5	0,11/1,7
3	0,05/0,8	0,01/0,2	0,07/1,1	0,11/1,7	0,06/0,9	0,09/1,4
4	0,01/0,2	0,04/0,6	0,10/1,5	0,08/1,2	0,02/0,3	0,01/0,2
5	0,01/0,2	0,01/0,2	0,02/0,3	0,08/1,2	0,09/1,4	0,02/0,3
Среднее	0,04/0,6	0,04/0,6	0,05/0,8	0,07/1,1	0,08/1,2	0,06/0,9
Максимальное	0,07/1,1	0,09/1,4	0,10/1,5	0,11/1,7	0,10/1,5	0,11/1,7
Требование ТУ14-105-695	Среднее из пяти измерений не более 1,0%					

му — на 0,3—0,4%. Готовый прокат обеих заготовок имеет неудовлетворительные результаты по максимальной величине обезуглероженного слоя. Среднее значение из пяти максимальных величин обезуглероженного слоя (на шлифе) на прокате из заготовки с напылением соответствует требованиям нормативных документов (НД) и находится в интервале 0,6—0,8%, тогда как на обычном прокате часть образцов (от начала и середины мотка) имеют среднюю величину обезуглероженного слоя, равную 1,1—1,2%.

Анализ величины обезуглероженного слоя у обеих заготовок после нагрева в печи стана 150 показал аналогичные результаты, что и на готовом прокате. Из табл. 2 и 3 видно, что уровень величины обезуглероженного слоя на заготовке без напыления составил от 0,26 до 0,60 мм при среднем значении 0,40 мм; на заготовке с напылением — от 0,15 до 0,60 мм при среднем значении 0,32 мм. Характер распределения обезуглероженного слоя на заготовках идентичный.

Оказалось, что качество поверхности проката из заготовки с напылением значительно хуже, чем у обычного проката; при этом оно

не соответствует требованиям нормативной документации по наличию грубой вкатанной окалины с частицами инородного происхождения (соединений алюминия). Глубина залегания инородных вкатанных частиц на готовом прокате достигает 0,20 мм. Микроструктура образцов показана на рис. 3.

Для анализа окалины выполнили рентгенофазовый анализ на аппарате ДРОН-4 с автоматической записью и математическим расчетом дифрактограмм¹. Идентификацию фаз проводили на основе электронной международной картотеки кристаллических фаз ASTM. Окалина с напыленной заготовки, которую лишь частично удалось механически отделить, представляла собой порошок темно-серого цвета, а окалина с обычной заготовки напоминала пластины, матовые с одной стороны и блестящие с другой. Расшифровка дифракционных картин показала, что фазовый состав окалины у заготовок различен. В окалине с напыленной заготовки наряду с оксидами железа α -, γ -Fe₂O₃ (гематит) и Fe₃O₄ (магнетит) зафиксирован цементит Fe₃C; окалина пластины с блестящей поверхностью (плавка

¹ В работе принимали участие Т.О. Латышева и Е.В. Попова

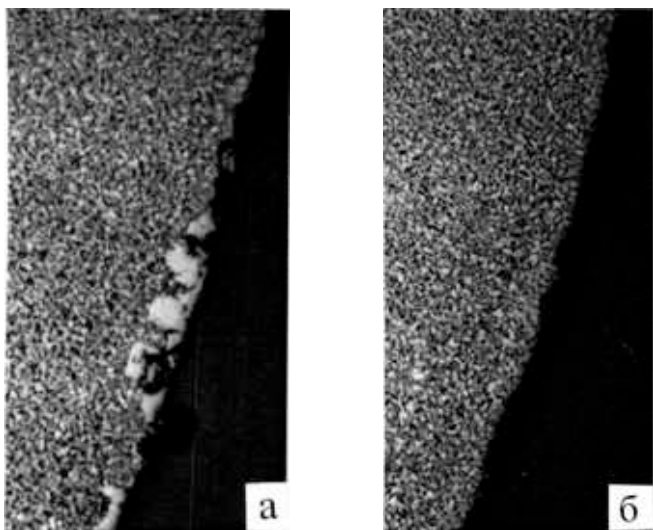


Рис. 3. Микроструктура образца с покрытием (а) и без покрытия (б). ×100

№ 2) состояла из магнетита Fe_3O_4 и гематита $\alpha-Fe_2O_3$, на матовой поверхности пластины содержался также и вюстит FeO . Количество окалины на готовом прокате из заготовки с напылением оказалось вдвое больше, чем при от-

сутствии напыления (видимо, за счет вкатанного алюминия) и составило 6 кг/т.

Толщина окалины, измеренная при микроскопическом исследовании образцов, на готовом прокате из опытных заготовок составила от 0,01 до 0,02 мм; на промежуточном раскате от заготовки с напылением — от 0,01 до 0,07 мм.

По предварительным расчетам затраты на нанесение покрытия были равны 339 руб. на одну заготовку; производительность нанесения покрытия одним стационарным металлизатором составила 5,4 т/ч.

Выводы

1. Показана эффективность защиты поверхности сортовой заготовки из стали 20Г2Р алюминиевым газотермическим покрытием при нагреве в печи под горячую прокатку круглого профиля.

2. При наличии покрытия достигается экономия металла при зачистке готового проката за счет уменьшения толщины окалины и обезуглероженного слоя.

ВНИМАНИЕ!

Уважаемый читатель, Вы получили номер журнала с наклеенной голограммой на первой странице обложки. Это означает, что этот экземпляр журнала является оригинальным, выпущенным научно-техническим издательством ООО «Наука и технологии». Если голограмма отсутствует, то экземпляр журнала — контрафактный. В этом случае убедительная просьба сообщить в издательство, где был приобретен данный экземпляр журнала, по телефону (495) 223-09-10, факсу (499) 164-47-74 или e-mail: market@nait.ru.

Заранее благодарим за сотрудничество.