

It is established that the factor influencing on forming of cinder at high-speed rolling of carbon steel is the temperature of rod after water cooling and consequent speed of cooling.

В. А. ЛУЦЕНКО, Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины

УДК 621.785:621.78.019.82:669.141.24

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОЦЕССЫ ОКАЛИНООБРАЗОВАНИЯ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Спрос на катанку обуславливает разработку и внедрение новых высокоэффективных технологических процессов ее производства. В последние годы возрос спрос на катанку с низким количеством легко удаляемой окалины на поверхности.

Известно, что процессы окалинообразования и обезуглероживания происходят на поверхности металла при нагреве и последующей горячей обработке [1]. Обезуглероживание связано с тем, что углерод имеет большее сродство к кислороду, чем железо. Если скорость окисления больше скорости диффузии углерода в стали, происходит окалино-

образование, так как в этом случае кислород может окислять одновременно углерод и железо.

В зависимости от состава стали, температуры поверхности, режима нагрева и охлаждения, содержания кислорода в окружающей среде слой окалины может иметь различный состав и строение.

При высокотемпературном окислении железа на воздухе образуется окалина, состоящая из слоев FeO (вюстит), Fe₃O₄ (магнетит) и Fe₂O₃ (гематит). На рис. 1 приведена схема обезуглероживания и высокотемпературного (~1000°C) окисления на поверхности железа с образованием трехслойной окалины.

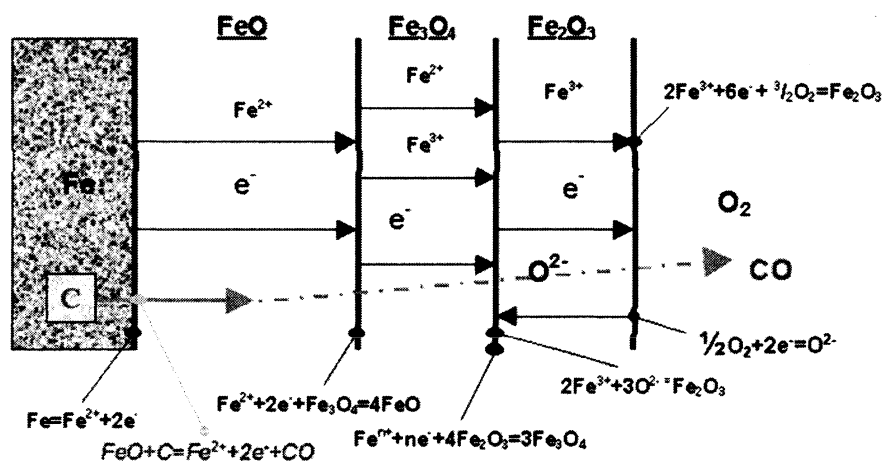


Рис. 1. Схема процессов обезуглероживания и высокотемпературного окисления поверхности железа

Из рисунка видно, что на границе раздела железо – вюстит происходит ионизация. Катионы железа и электроны мигрируют наружу через слой FeO по вакансиям и электронным дыркам. На границе раздела вюстит – магнетит происходит восстановление 4FeO. Избыточные катионы железа и электроны следуют через слой магнетита и на границе раздела магнетит – гематит проходит реакция 3Fe₃O₄. Подвижные в гематите кати-

оны железа мигрируют через эту фазу и новый гематит образуется на границе Fe₂O₃ – газ, здесь же происходит ионизация кислорода. При подвижности в гематитовом слое анионов кислорода, находящиеся в избытке катионы железа и электроны, реагируют с анионами кислорода, диффундирующими внутрь сквозь слой Fe₂O₃ по кислородным вакансиям с образованием нового Fe₂O₃.

Вследствие гораздо большей подвижности катионов железа в вюстите этот слой значительно толще слоев магнетита и гематита. Углерод через поры и несплошности в окалине реагирует с вюститом и кислородом с образованием газа CO.

Доля каждого оксида в общем слое окалины определяется температурой окисления [2]. При равновесном состоянии в интервале 700–900°C окалина состоит из 90% FeO и 10% Fe₃O₄; при температурах > 900°C и избытке кислорода наряду с Fe₃O₄ вместо FeO начинает возникать фаза Fe₂O₃. При температурах < 570°C образуется окалина, состоящая из магнетита, покрытого тонким слоем гематита.

Окалина на поверхности катанки в горячекатаном состоянии имеет так называемую нормальную структуру: внутренний слой – вюстит и внешний – магнетит. Немаловажным фактором, влияющим на формирование окалины, при прокатке углеродистой стали является регулируемое ускоренное охлаждение (одно- и двухстадийное). Из всех способов регулируемого ускоренного охлаждения с прокатного нагрева в потоке высокоскоростного проволочного стана следует отметить Стелмор-процесс. Катанка после чистового блока интенсивно охлаждается водой в проводящих трубах до температур, как правило, выше A₁, а затем в разложенных витках перемещаясь на конвейере, активно охлаждается воздухом, нагнетаемым вентиляторами.

Исследовали катанку из стали 70 (производства РУП «Белорусский металлургический завод» и ОАО КГМК «Криворожсталь») после высокоскоростной прокатки, ускоренного охлаждения водой до температур 850–1000°C с последующим воздушным охлаждением в разложенных витках со скоростью 6–13°C/с.

Как видно из рис. 2, количество окалины уменьшается при снижении температуры на виткообразователе и повышении скорости охлаждения. Фазовый состав окалины колеблется в пределах: вюстит – 90–95%, магнетит – 5–10% и гематит – следы.

Одной из важнейших технологических операций при подготовке катанки к волочению является удаление окалины. Окалина должна легко удаляться механическим или химическим способом. Следует отметить, что вюстит в большей мере и магнетит в меньшей растворяются в кислотах, гематит – не растворяется.

Нормативными документами нормируются требования к окалине, образующейся на поверхности углеродистой катанки.

В спецификациях «Пирелли» (№ 02.V.001; 18.V.010) и «Бекарт» (GS –

02– 002; GA–03–16) регламентируются: отношение FeO / Fe₃O₄ на уровне 2–4, Fe₂O₃ в виде следов, Fe₃O₄ на поверхности металлоосновы не допускается.

Требования к количеству (массе) окалины, кг/т:

- «Пирелли» – 2,0 4,0;
- «Бекарт» – 4,07,0;
- ДСТУ 3683; ТУ РБ 400074854.030-2002 и ЗТУ 840-03-2001 (РУП БМЗ) – не более 6,0.

По спецификациям «Пирелли» и «Бекарт» требуется, чтобы окалина имела способность к удалению механическим способом.

Произведены расчеты и построены зависимости (рис. 3), отражающие взаимосвязь удельной массы и толщины окалины, образующейся на поверхности катанки диаметром 5,5 и 6,5 мм при регулируемом охлаждении.

При расчете задавались соотношением FeO/Fe₃O₄ = 4,0, образование Fe₂O₃ не учитывали, так как этот оксид допускается только в виде следов.

Массу образующейся окалины определяли из выражения:

$$m_{ок} = m_{ж} + m_{к}, \quad (1)$$

где $m_{ок}$ – масса окалины на поверхности 1 пог. м катанки, кг/м; $m_{ж}$ – масса железа, перешедшего в окалину на 1 пог. м катанки, кг/м²; $m_{к}$ – масса кислорода, необходимая для образования окалины на 1 пог. м катанки, кг/м².

Исходя из данных [3], что среднemasсовое содержание железа и кислорода в окалине 76,72 и 23,28% соответственно, получена следующая зависимость:

$$m_{к} = \frac{23,28}{76,72} m_{ж}. \quad (2)$$

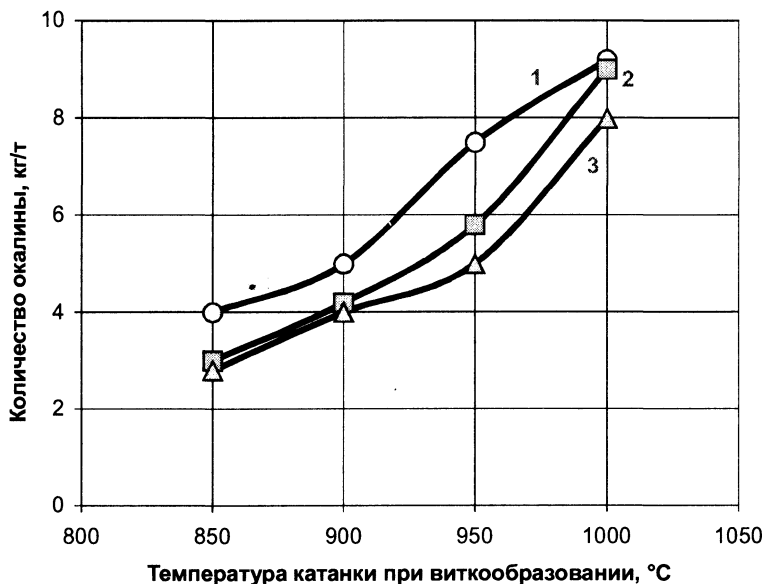


Рис. 2. Изменение количества окалины на поверхности углеродистой катанки от температуры конца водяного и скорости воздушного охлаждения: 1 – 6,0 °C/с; 2 – 10,0; 3 – 13,0 °C/с

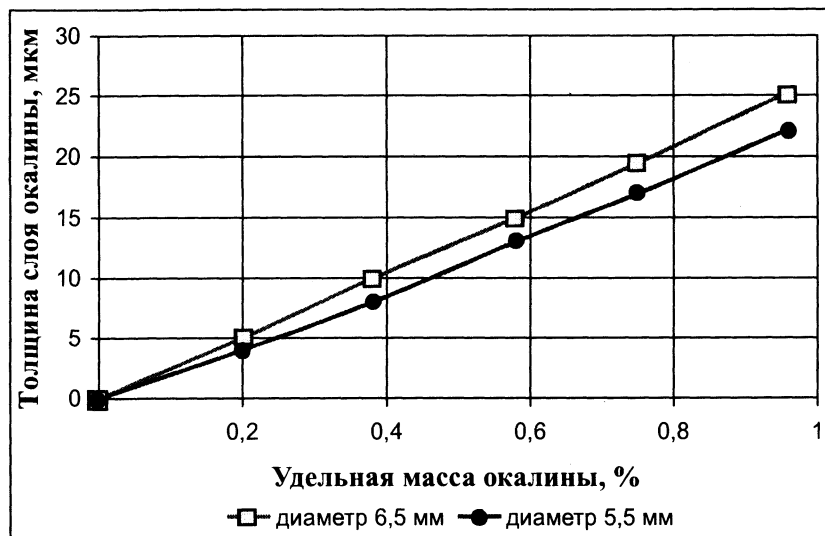


Рис. 3. Зависимость толщины слоя окалины на поверхности углеродистой катанки от ее удельной массы

Масса окалины выражается в мас. %.

Зная плотность вюстита и магнетита [4], рассчитываем толщину слоя окалины:

$$h = \sqrt{\frac{4m_{ок} + d^2}{\pi\rho_{ок}}} - d, \quad (3)$$

где $\rho_{ок}$ — плотность окалины с соотношением $FeO/Fe_3O_4=4$ кг/м³; d — диаметр катанки, учитывающий толщину слоя железа, перешедшего в окалину, м.

Следует учитывать, что при нагреве (аустенизации) и патентировании углеродистого металла с высоким исходным содержанием в окалине вюстита происходит распад последнего с образованием на поверхности металлоосновы вторичного магнетита. В результате при последующем трав-

лении на поверхности металла остается сажистый слой, содержащий труднорастворимый в кислоте магнетит. Поэтому целесообразно для углеродистой катанки, содержащей окалину толщиной более 10 мкм, использовать механический способ удаления, например, окалиноломание.

Исходя из рис. 3, представляется возможным по удельной массе окалины, согласно требованиям НТД СНГ, прогнозировать ее толщину, что имеет большое значение при определении способа удаления окалины.

Таким образом, установлено, что немаловажным фактором, влияющим на формирование окалины при высокоскоростной прокатке углеродистой стали, являются температура катанки после водяного охлаждения и последующая скорость охлаждения. Количество окалины уменьшается при снижении этой температуры и повышении скорости последующего охлаждения. Выявлена взаимосвязь толщины окалины от ее удельной массы и построена их графическая зависимость для диаметров 5,5 и 6,5 мм.

Литература

1. Губинский В.И. и др. Уменьшение окалинообразования при производстве проката. Киев: Техника, 1981.
2. Гуренко В.Д., Файнштейн В.М. Травление полос и листов в соляной кислоте. М.: Металлургия, 1971.
3. Ледков В.Г. Непрерывные травильные линии. М.: Металлургиздат, 1961.
4. Большая Советская Энциклопедия. 3-е изд. М.: Изд-во "Советская энциклопедия", 1974. Т.15.