

ПРОИЗВОДСТВО ХОЛОДНОКАТАНОГО МЕТАЛЛА БЕЗ ДЕФЕКТА "ЖЕЛТЫЙ НАЛЕТ"

*Горбунов А.В., Кочнева Т.М., Антипенко В.А.,
Малова Н.И., Горбулин В.Н.*

С ростом потребления холоднокатаного металла возрастают и требования потребителей к качеству этого вида продукции, особенно к состоянию поверхности.

При производстве холоднокатаного металла в ЛПЦ-5 ОАО "ММК" на поверхности отожженной полосы встречается дефект "желтый налет", который располагается на расстоянии 15-20 мм от кромок полосы шириной до 200 мм и может быть от светло желтого до ярко выраженного желтого цвета. Дефект не удаляется при обработке спиртом и серной кислотой. Характерная "плавная" топография дефекта "желтый налет" позволяет связать его формирование с газовой или жидкостной средой.

Для определения природы дефекта "желтый налет" были проведены исследования на растровом электронном микроскопе "Camskan" с использованием анализаторов "Link" и "Mikrospe". В исследуемых пробах обнаружено повышенное содержание углерода, кислорода, кремния, марганца.

Сравнительный послойный анализ образцов с "желтым налетом" и без него на спектрометре тлеющего разряда "GDA-750" показал отличие в содержании углерода, кремния, марганца.

При определении на образцах поверхностного углерода на приборе RC-412 фирмы "Лесо" было выявлено, что в месте расположения дефекта (20-120 мм от кромки) наблюдается повышенное содержание углерода (на 80 % выше) по сравнению с поверхностью, где дефект отсутствует (см. табл. 1).

Источником углеродосодержащих соединений являются остатки рабочей эмульсии, подаваемой при холодной прокатке для смазки и охлаждения прокатных валков. Но проведенные лабораторные исследования не позволяют точно определить, как протекает процесс формирования данного дефекта: непосредственно по месту повышенного скопления остатков эмульсии или в результате осаждения продуктов испарения из газовой среды подмуфельного пространства.

Наличие дефекта "желтый налет" не регламентируется НД на поставку холоднокатаной металлопродукции, но при этом ухудшается товарный вид металлопроката.

Таблица 1

Содержание углерода на поверхности металла после отжига

Расстояние от кромки полосы, мм	Содержание углерода, мг/дм ²		
	Углерод общий	Углерод в составе органических соединений	Углерод в составе неорганических соединений
20	0,237	0,179	0,0579
60	0,221	0,175	0,0453
120	0,213	0,162	0,0504
180	0,149	0,125	0,0245
240	0,171	0,131	0,0406
300	0,170	0,125	0,0451
360	0,171	0,127	0,0444
420	0,148	0,116	0,0319
580	0,150	0,123	0,0274
640	0,135	0,106	0,0297

На состояние поверхности готовой холоднокатаной полосы существенно влияют:

- подготовка полосы перед прокаткой (травление);
- скорость холодной прокатки;
- количество прокатной эмульсии, остающейся на поверхности полосы после холодной прокатки;
- скорость нагрева при отжиге;
- термостабильность эмульсии;
- физико-химические свойства прокатного эмульсола;
- продолжительность горячей продувки в процессе нагрева;
- влажность защитного газа;
- температура распаковки металла после отжига.

Появлению "желтого налета" на поверхности холоднокатаного отожженного металла способствует наличие травильного шлама и солей (например, FeSO_4), которые в результате плохой промывки и сушки полосы в линиях НТА вносятся в эмульсию в процессе холодной прокатки на стане, в результате чего эмульсия разлагается при наличии в ней омыленных жирных кислот и неионогенного продукта. Также доказано, что после травления количество остаточной окалины на кромках полосы больше, чем в середине. Следовательно, имеются предпосылки для образования дефекта "желтый налет" преимущественно в прикромочной области, т.к. частицы окалины, не удаленные при травлении, действуют на поверхность валков и полосы как абразивы. Оттесняемая к краям полосы смазка, насыщенная продуктами износа способствует повышенной загрязненности в этих областях.

Состояние поверхности после отжига прямым образом зависит от загрязненности поверхности, задаваемого в отжиг металла. Наиболее важным фактором является наличие механических примесей в эмульсии, количество которых возрастает с увеличением скорости прокатки и обжати. Твердые частицы, попадая в зону трения, играют роль пиков, ужесточая механическое зацепление, что приводит к увеличению коэффициента трения и росту продуктов износа.

Для оценки фактического влияния рассматриваемых параметров производственных процессов был проведен эксперимент. На 4-х клетевом стане холодной прокатки 2500 проводилась прокатка полос со скоростью 9 м/с, 12 м/с, 15 м/с. При этом расход эмульсии на 4-ой клети был увеличен до 350-370 м³/час. Для удаления остатков эмульсии давление в системе сдува за IV-й клетью составляло 4,5 атм. Отжиг проводился по режиму для металла II-ой группы отделки поверхности с распаковкой на 140°С и по режиму для I-ой группы отделки поверхности с распаковкой на 110°С. На дрессировочном стане визуально оценивалось качество поверхности.

На рулонах, прокатанных на стане со скоростью 15 м/с и отожженных по режимам для I и II-ой групп отделки поверхности отмечался "желтый налет". Это объясняется тем, что при более высоких скоростях создаются более жесткие условия трения (полоса-валок). Продукты истирания попадают в эмульсию и осаждаются на поверхности прокатываемого металла, а в процессе отжига являются дополнительным катализатором химических реакций, в т.ч. и реакции разложения углеводородов масел с выделением аморфного углерода. При прокатке металла на скорости 9-12 м/с и распаковки после отжига на 110°С "желтый налет" на поверхности металла отсутствовал.

Важное значение имеет термостабильность прокатной эмульсии. При более высоких скоростях в очаге деформации будут и более высокие температуры, при которых возможно образование полимеризованных продуктов и продуктов окисления, которые способствуют формированию дефекта "желтый налет" в процессе отжига.

По результатам дериватографического анализа эмульсола "Квакерол 403-Технология РПА-В", используемого для приготовления прокатной эмульсии для стана 2500 холодной прокатки, температура начала разложения в среде аргона составляет 245°С, интервал температур разложения (деструкции) 245-460°С, максимум испарения достигается при температуре 376°С. Если температура металла при отжиге ниже температуры деструкции эмульсии, то продукты разложения в период нагрева удаляются при проведении горячей продувки подмуфельного пространства. Если же температура металла выше, то образуются отложения углеродосодержащих соединений особенно в прикромочной области.

Исходя из дериватографического анализа были проведены опытные отжиги с замедлением скорости нагрева до температуры 580°C по стендовой термопаре и в интервале температур 380-580°C по стендовой термопаре. Металл после отжига с заданием скорости нагрева 28°C/час до температуры 580°C и скорости нагрева в интервале температур 380-580°C – 10,5°C/час получен без дефекта "желтый налет", но при этом продолжительность нагрева увеличилась на 13-14 часов (на 30 %). Такой режим может быть использован для металла ответственного назначения с высокими требованиями к состоянию поверхности.

Для исследования влияния продолжительности горячей продувки проводились отжиги с продувкой в течение всего времени нагрева. Для эксперимента выбирался металл (7 партий) как I-ой группы отделки поверхности с температурой распаковки 110°C, так и II-ой группы - с температурой распаковки 140°C.

Результаты оценки качества поверхности по наличию дефекта "желтый налет" оказались неоднозначными. Часть металла (3 партии) I-ой группы отделки поверхности вышли с дефектом, который располагался ровными полосами шириной 200-300 мм от кромки с двух сторон полосы. Три другие партии были без дефекта (две партии – II-ой группы отделки поверхности, одна – I-ой группы). В последней партии, состоящей из четырех рулонов, два были с "желтым налетом", а два его не имели.

Проведение горячей продувки на печах с азотно-водородной защитной атмосферой в течение всего цикла нагрева в условиях ЛПЦ-5 не представляется возможным из-за ограниченной мощности установки нейтральных газов. Поэтому для определения оптимальной продолжительности горячей продувки был проведен анализ газа поддуфельного пространства во время нагрева.

В термическом участке ЛПЦ-5 для печей с азото-водородной атмосферой подача защитного газа производится последовательно на каждую из двух очереди стендов колпаковых печей. Отбор проб производился из поддуфельного пространства на двух стендах. На стенде 9-5б с первой очереди с большим давлением и на самом удаленном стенде второй очереди 19-1в с меньшим на 15-20 мм водяного столба давлением защитного газа на входе в стенд. Графики распределения углеродсодержащих компонентов в газе поддуфельного пространства в течение нагрева при отжиге представлены на рис. 1, 2.

Из графиков видно, что 20 часов горячей продувки достаточно для удаления продуктов разложения эмульсии.

Кроме того, "желтый налет" на холоднокатаном металле после отжига может появляться из-за повышенной влажности защитного газа. Значение точки росы определено технологическими инструкциями и должно соответствовать -40°C.

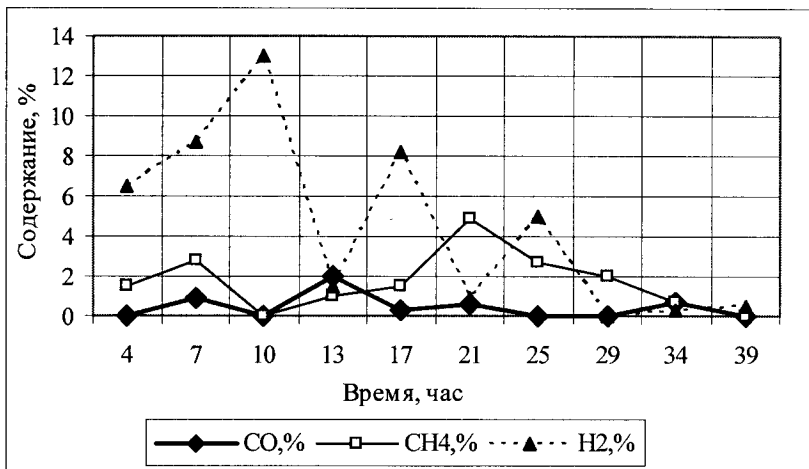


Рис. 1. График содержания CO, CH₄ и H₂ в защитном газе в процессе отжига (стенд 19-1в)

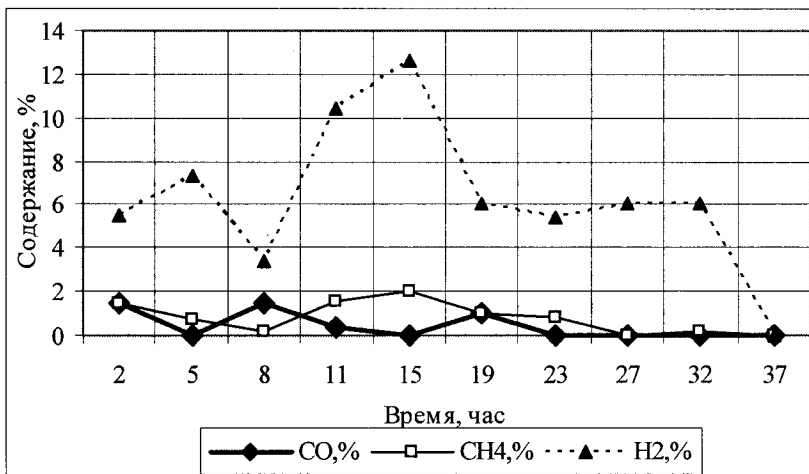


Рис. 2. График содержания CO, CH₄ и H₂ в защитном газе в процессе отжига (стенд 9-5б)

При определении минимальной концентрации водорода надо исходить из максимальной влажности газовой среды в печи зафиксированной за время нагрева и выдержки [2]. Установлено, что в процессе нагрева в течение первых 20 часов содержание влаги под муфелем возрастает

и достигает максимума, соответствующего точке росы $+20^{\circ}\text{C}$. Если защитный газ будет иметь точку росы выше, чем -40°C , то за оставшееся время увеличивается вероятность окисления металла из-за недостаточной восстановительной способности защитной среды. В работе [3] подтверждена необходимость поддержания точки росы -40°C .

По результатам проведенных исследований были разработаны и внедрены мероприятия, позволившие снизить вероятность образования дефекта "желтый налет" на поверхности холоднокатаного металлопроката:

1. На 4-х клетевом стане 2500 холодной прокатки:
 - холодную прокатку металла производить на скорости не более 12 м/с,
 - обеспечить сдвиг остатков эмульсии с поверхности полосы за 4-й клетью под давлением не менее 4,5-5,0 атм.
2. По отжигу металла в колпаковых печах с азотно-водородной защитной атмосферой:
 - горячую продувку рабочего пространства под муфелем проводить в течение 20 часов,
 - распаковку металла после отжига производить при температуре не выше 100°C по стендовой термопаре,
 - точка росы защитного газа должна быть в общем коллекторе ГЭС не выше -40°C .

ЛИТЕРАТУРА

1. Цилла П. Метод «гидроочистки» для регулирования содержания водорода в защитной атмосфере колпаковых печей. –М.: Черные металлы. 1996. №8. – 38 с.
2. Эстрин Б.М. Производство и применение контролируемых атмосфер. 1973. - 325 с.
3. Эстрин Б.М., Шумяцкий Ю.И. Контролируемые атмосферы в производстве металлопродукции. 1991. - 223 с.