

## ФОРМИРОВАНИЕ ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХОЛОДНОКАТАНОГО МЕТАЛЛА НА 2-Х КЛЕТЕВОМ РЕВЕРСИВНОМ СТАНЕ ОАО «ММК»

*Горбунов А.В., Зайсанова Н.Л., Кочнева Т.М.,  
Коляда Т.В. (ОАО «ММК»),  
Набиев Ш.Х., Халлиулин Р.Е. (ООО «Технология РПА»)*

С момента ввода в эксплуатацию 2-х клетового реверсивного стана в ЛПЦ-5 ОАО «ММК» ведутся постоянные работы по подбору наиболее эффективных эмульсолов и совершенствованию их применения.

Стан рассчитан на широкий сортамент (толщина 0,35 – 3,0 мм, ширина 800 – 1650 мм) и производит подкат для агрегата непрерывного горячего оцинкования (АНГЦ), агрегата полимерных покрытий (АПП) и холоднокатаный прокат для ответственных заказов автопроизводителей. При этом, исходя из трехлетнего опыта эксплуатации 2-х клетового реверсивного стана и непрерывного подбора эмульсолов, можно сформулировать требования к применяемым эмульсолам, которые должны обеспечивать:

- прокатываемость размерного сортамента, высокое суммарное обжатие за 2 прохода (82,5 % при прокатке толщины 0,35 мм с толщины 2,00 мм);
- скорость прокатки до 22,5 м/с (1350 м/мин);
- высокое качество поверхности полосы (отсутствие дефектов: «пятна загрязнений», «сажа», «риски перегрева», «грязь», «протектор», «пригар эмульсии», «желтый налет» и т.п.);
- низкую загрязненность поверхности полосы:
  - после холодной прокатки в поток АНГЦ (шлифованные рабочие валки) – не более 300 мг/м<sup>2</sup>;
  - после холодной прокатки в поток колпаковых печей – не более 450 мг/м<sup>2</sup>, при механической составляющей – не более 150 мг/м<sup>2</sup>, жировой – не более 300 мг/м<sup>2</sup>;
  - после колпакового отжига – не более 100 мг/м<sup>2</sup>, количество аморфного углерода – не более 10 мг/м<sup>2</sup> для азотных печей и не более 5 мг/м<sup>2</sup> для водородных печей;
- стабильность рабочей эмульсии к воздействию вредных внешних факторов (занос хлоридов с полосы, утечки минеральных масел, наличие солей в воде для приготовления эмульсии и т.п.);
- приемлемый уровень производственных затрат (удельный расход эмульсола – не более 0,50 кг/т с учетом замен эмульсии);

- соответствие особенностям существующей эмульсионной системы, технологии приготовления и подачи эмульсии, а так же утилизации отработанной эмульсии.

По сравнению с непрерывными станами холодной прокатки добиться низкой загрязненности поверхности на реверсивных станах гораздо сложнее. Эмульсионная система 2-х клетового реверсивного стана не предполагает переключение подачи на выходной (последней) клетки рабочей эмульсии концентрацией 1,0-1,5 % из отдельной системы для реализации «моющего» режима в выходной клетки. Система представляет собой одну единую емкость для эмульсии (концентрация 2,5-3,5 %) объемом 150 м<sup>3</sup> и систему трубопроводов, в которой находится около 50 м<sup>3</sup> эмульсии. Для очистки рабочей эмульсии служат два вакуумных фильтра, два магнитных сепаратора и три скиммера. Кроме того, при прокатке металла для последующего отжига в колпаковых печах (около 30 % от общего прокатываемого объема) с целью исключения сваривания между витками рулона в выходной клетки необходимо использовать насеченные рабочие валки. Но так как выходная клеть работает на этих же насеченных валках в предыдущих проходах, происходит вынужденное необоснованное истирание полосы и ухудшение загрязненности, как самой прокатываемой полосы, так и рабочей эмульсии в единой эмульсионной системе. При прокатке на шлифованных рабочих валках содержание механических примесей в эмульсии составляет 75-125 мг/л, на насеченных – 130-205 мг/л.

Исходя из данных условий эксплуатации, с учетом выдвигаемых требований, достаточно сложно подобрать оптимальный эмульсол или проводить его совершенствование, основываясь лишь на лабораторных исследованиях. Поэтому за трехлетний период эксплуатации 2-х клетового реверсивного стана прошли промышленные испытания шести эмульсолов (см. табл. 1).

Пуск стана и ввод его в эксплуатацию осуществлялся на эмульсоле «Quakerol 680 DPD» компании «Quaker», который продемонстрировал хорошую адаптацию данного эмульсола к спроектированной эмульсионной системе, условиям приготовления, подачи и непосредственно к деформационным режимам стана, но на поверхности подката для АНГЦ встречались желто-коричневые пятна неправильной формы с нечетким контуром. Пятна представляли собой «цвета побежалости», образование которых происходило в результате разрыва смазочной пленки в очаге деформации, сопровождающегося повышением температуры примерно до 250-300 °С в зоне контакта «рабочий вал – полоса».

Увеличением толщины смазочной пленки в очаге деформации за счет увеличения вязкости в новой модификации эмульсола «Quakerol 680-M DPD» удалось успешно решить данную проблему, но при этом заметно повысилась и загрязненность поверхности проката.

Таблица 1

**Основные физико-химические показатели эмульсолов, прошедших промышленные испытания в условиях 2-х клетового реверсивного стана**

Показатели	Наименование эмульсола (производитель)					
	Quakerol (Quaker)					Gerolub (Henkel)
	680 DPD	680-M DPD	680-1 DPD	680-2 DPD	403	5537
Число омыления, мг·КОН/г	157-167	157-167	168-188	153-169	122-135	176-194
Кислотное число, мг·КОН/г	9,3-12,3	10,2-12,3	8,5-14,0	9,6-12,7	не более 10,5	3,6-7,6
Вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	43,7-48,7	51,5-57,5	45,0-55,0	51,0-58,0	50-75	40-53
Температура начала окисления, °С	300	290	290	280	280	300
Термоокислительная способность, %, при температурах:						
20-240°C	3,6	4,3	2,9	2,2	2,2	2,8
20-280°C	10,6	8,6	7,9	4,4	5,0	5,7
Общая летучесть (потеря массы до 400°C), %	93,4	94,2	92,2	94,5	91,4	89,5
Смолообразующая способность (потеря массы при температурах), %	1,4 (420-540)	1,4 (420-540)	2,1 (440-520)	1,4 (440-500)	1,4 (420-540)	1,4 (440-500)

С понижением вязкости при повышении числа омыления в «Quakerol 680-1 DPD» произошло снижение общего уровня загрязненности поверхности проката, прежде всего за счет механической составляющей. Подкат для АНГЦ не имел каких-либо замечаний по состоянию поверхности. Однако на поверхности проката после отжига в колпаковых печах участились случаи образования «пригара эмульсии», что поставило под угрозу выполнения заказов автопрома.

С использованием «Quakerol 680-2 DPD» был найден некоторый оптимум, при котором обеспечивались допустимый уровень загрязненности поверхности проката, отсутствие поверхностных дефектов, как на подкате для АНГЦ, так и на прокате после колпакового отжига.

Эмульсионная система 2-х клетового реверсивного стана была спроектирована для использования эмульсий, имеющих коэффициент стабильности (ESI) 0,45 – 0,8. Применение данного разряда эмульсий без опасности расслоения возможно за счет частой оборачиваемости эмульсии (4-5 циклов за час). В период запуска травильных линий после проведения реконструкции несколько увеличился занос хлоридов с полосы в эмульсионную систему. В результате рабочая эмульсия на основе эмульсола «Quakerol 680-2 DPD», имеющая коэффициент стабильности 0,53-0,55, неоднократно полностью заменялась. В этих условиях была предпринята попытка использования стабильной эмульсии на основе эмульсола «Quakerol 403» (коэффициент стабильности 1,1-1,2), успешно применяемого в условиях 5-ти клетового стана 630 (ЛПЦ-8) и 4-х клетового стана 2500 (ЛПЦ-5).

Эмульсол «Quakerol 403» имел больше ПАВ и тем самым обладал лучшими моющими свойствами, но низкий уровень смазочных свойств. Поэтому наблюдалось увеличение усилий прокатки при прокатке тонкого сортамента 0,38-0,48 мм (см. табл. 2), а так же увеличение загрязненности проката из-за более высокого коэффициента трения в очаге деформации. В результате были окончательно выявлены преимущества эмульсола «Quakerol 680-2 DPD» по сравнению с другими эмульсолами, как в данной серии, так и образующих более стабильную эмульсию.

Таблица 2

**Изменение усилий прокатки при использовании эмульсола «Quakerol 403» по сравнению с эмульсомом «Quakerol 680-2 DPD»**

Размер, мм	Увеличение усилия прокатки, %				Среднее увеличение усилия прокатки, %
	I-й проход		II-й проход		
	1 клеть	2 клеть	2 клеть	1 клеть	
2,0/0,48×1276	10,23	3,17	10,00	2,74	6,54
2,8/0,98×1250	0,12	0,33	1,94	-8,82	-1,61
2,8/1,20×1231	-5,84	-5,22	3,97	-0,44	-1,88

В результате непрерывного совершенствования прокатных эмульсолов серии «Quakerol 680 DPD» при использовании последней версии эмульсола «Quakerol 680-2 DPD», применяемого с июля 2004г. по январь 2005г., были достигнуты следующие показатели:

- стабильная прокатываемость размерного сортамента 2-х клетевого реверсивного стана,
- общая загрязненность поверхности холоднокатаного проката (см. табл. 3),
- удельный расход эмульсола в 2004 г. с учетом частичных и полных замен находился в диапазоне 0,44-0,76 кг/т, при среднем значении 0,62 кг/т,
- выход годного на металле 1-ой группы отделки поверхности за период с июля по декабрь составил 90,6 %.

Таблица 3

**Общая загрязненность поверхности холоднокатаного подката для АНГЦ при работе на эмульсоле «Quakerol 680-2 DPD»**

Место отбора	Общая загрязненность поверхности (весовой метод), мг/м <sup>2</sup>			
	min	среднее	max	% соответствия норме АНГЦ (< 400)
После холодной прокатки на подкате в поток АНГЦ (среднее значение за период)	218,0	351,6	642,6	71,90
После отжига в колпачковых печах (среднее значение за период)	38,27	129,0	251,0	-

Однако эмульсол «Quakerol 680-2 DPD», несмотря на проведенные работы компанией «Quaker» по его усовершенствованию, в полной мере не отвечал вышеперечисленным требованиям ОАО «ММК», в первую очередь, по уровню загрязненности поверхности прокатываемых полос. Поэтому были проведены 4-х месячные промышленные испытания эмульсола «Gerolub 5537» компании «Henkel».

Эмульсол «Gerolub 5537» по сравнению с «Quakerol 680-2 DPD» имел более высокое число омыления, низкую вязкость и кислотное число (см. табл. 1). Размер капель (PSD) был несколько выше 2,51-2,69 мкм против 2,22-2,35 мкм. Энергосиловые параметры процесса прокатки на свежеприготовленной эмульсии «Gerolub 5537» оказались ниже (см. табл. 4). Уровень загрязненности поверхности подката для АНГЦ находился на прежнем уровне, но через 1-2 недели началось его снижение (см. табл. 5).

Таблица 4

**Сравнение удельного расхода энергии при использовании эмульсолов «Quakerol 680-2 DPD» и «Gerolub 5537»**

Марка стали	Размер, мм	Назначение/рабочие валки в клети №1	Суммарный удельный расход энергии, кВт·ч/т	
			Quakerol 680-2 DPD	Gerolub 5537
08Ю	0,48×1275	Оцинков-ка/шлифованные	16,88	10,33
08пс	0,78×1250	Оцинков-ка/шлифованные	9,95	5,72
08пс	1,00×1481	Холодноката-ный/насеченные	7,69	5,35

Таблица 5

**Общая загрязненность поверхности холоднокатаного подката для АНГЦ при работе на эмульсоле «Gerolub 5537»**

Место отбора	Общая загрязненность поверхности (весовой метод), мг/м <sup>2</sup>			
	min	среднее	max	% соответствия норме АНГЦ (< 400)
После холодной прокатки на подкате в поток АНГЦ (среднее значение за период)	132,4	410,9	1106,1	56,7
После отжига в колпаковых печах (среднее значение за период)	49,0	259,1	621,4	-

На поверхности металла после колпакового отжига появились дефекты "пригар эмульсии" и "риски перегрева". Загрязненность поверхности после колпакового отжига возросла примерно в 2 раза (см. табл. 6). Отмечалась повышенная загрязненность в прикромочной области. В конце второго месяца испытаний снизилась прокатываемость металла, так при прокатке стали марки 08Ю размером 0,5×1275 мм с толщины 2,0 мм при насеченных рабочих валках клети №1, наблюдалось превышение максимально-допустимого давления металла на валки в данной клети, что привело к срыву ответственного заказа холоднокатаного неоцинкованного подката для АПП. Схожие проблемы проявились и при прокатке на шлифованных рабочих валках стали марки 09Г2С для АНГЦ.

Таблица 6

**Сравнительные данные по средней загрязненности поверхности  
холоднокатаного металла, прокатанного на эмульсолах «Quakerol  
680-2 DPD» и «Gerolub 5537»**

Наименование эмульсола (период)	Средняя загрязненность поверхности проката, мг/м <sup>2</sup>				
	Подкат для АНГЦ (шлифованные рабочие валки)			После колпакового отжига	
	Общая (по весо- вому)	Жировая состав- ляющая	Механиче- ская со- ставляющая	Общая (по весо- вому)	Аморфный поверхно- стный угле- род
Quakerol 680-2 DPD (27.09.04– 18.01.05)	351,6	237,6	114,0	129,0	3,5
Gerolub 5537 (19.01.05– 27.04.05)	410,9	279,8	131,1	259,1	6,8

Таким образом, в ходе сравнительных промышленных испытаний было подтверждено преимущество эмульсола «Quakerol 680-2 DPD» по сравнению с эмульсом «Gerolub 5537». Эмульсол «Quakerol 680-2 DPD» был признан оптимальным и используется на 2-х клетевом реверсивном стане в качестве базового.

По просьбе ОАО «ММК» компания «Quaker» разработала и представила новые эмульсолы для 2-х клетевом реверсивного стана:

- «Quakerol ММК 1.0» – улучшенная версия эмульсола «Quakerol 680-2 DPD», адаптированная к текущим условиям работы 2-х клетевом реверсивного стана,

- «Quakerol ММК 2.0» - принципиально новый эмульсол для приготовления метастабильной эмульсии (масловодной дисперсии) со значительно более высокими смазывающими и моющими свойствами. При его использовании необходима установка дополнительных мешалок в эмульсионной системе 2-х клетевом реверсивного стана.

В связи с этим в 2005-2006 гг. планируется провести промышленные испытания эмульсола «Quakerol ММК 1.0» с установкой шестеренного насоса с внутренним зацеплением и "трубок Вентури" (для снижения удельного расхода эмульсола). Затем заменить вакуумные фильтры на сетчатые (Kerzenfilter «Seebach»), провести монтаж дополнительных мешалок и провести опробование принципиально нового эмульсола «Quakerol ММК 2.0».