

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СМАЗОЧНО–ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ

Рассматривается набор показателей качества смазочно–охлаждающих технологических средств для холодной прокатки листовой стали, которые рекомендуются использовать при разработке, изготовлении и эксплуатации технологических продуктов.

Постановка проблемы

Разработка высокоэффективных смазочно–охлаждающих технологических средств (СОТС), выбор из существующего ассортимента продукта, соответствующего уровня по смазочным, моющим и другим характеристикам, максимальное использование возможностей СОТС в процессе эксплуатации требует постоянного контроля их качества. Общепринятый комплекс показателей лабораторного контроля качества СОТС, учитывающий особенности формирования и действия смазочной пленки при прокатке стали, отсутствует, хотя в последние годы появились публикации, уделяющие внимание методам анализа СОТС и оптимальным значениям отдельных показателей их качества [1–8].

Изложение основных материалов исследования.

Значительный объем работ по контролю показателей качества СОТС и эмульсий этих СОТС был выполнен сотрудниками ИЧМ НАНУ в период проведения работ по внедрению их на многих предприятиях, производящих холоднокатаную листовую сталь, что позволяет сформулировать необходимый и достаточный перечень лабораторных методов контроля качества СОТС для холодной прокатки листовой стали. Методики выполнения анализов описаны в специальных руководствах [9–14] и в данной работе не рассматриваются.

В табл.1 представлены показатели, рекомендуемые для оценки физико–химических и смазочных свойств СОТС на стадии их разработки, изготовления и поставки заводу–потребителю, в табл. 2 – для контроля качества рабочих эмульсий в процессе эксплуатации. Представленные в табл.1 методы анализа позволяют достаточно полно охарактеризовать физико–химические свойства СОТС и составить представление об ожидаемой смазочной эффективности продукта, в частности в условиях гидродинамического режима трения (по содержанию сложных эфиров и свободных жирных кислот, реологическим характеристикам жидкости, дисперсности эмульсии, ее адгезионно–когезионным свойствам и т.п.). Машины трения (ЧШМ, ФАЛЕКС, МАСТ–1 и т.п.) дают возможность лабораторной оценки смазочных свойств продуктов в граничном режиме трения при действии высоких давлений и температур, характерных для зоны

Таблица 1. Показатели контроля качества СОТС для холодной прокатки листовой стали при разработке, изготовлении и поставке продукта.

Наименование показателя	Свойство СОТС, характеризующее данным показателем	Рекомендуемые пределы значения
<p><u>1. Физико-химические свойства</u> <u>1.1. Концентрат СОТС (в состоянии поставки)</u></p>		
1	Внешний вид при $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$	Агрегатное состояние, однородность и цвет.
2	Вязкость кинематическая при температуре, $^{\circ}\text{C}$: 40 50 Индекс вязкости (ИВ)	Свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одного слоя относительно другого под действием внешних сил. Обычно увеличение вязкости (до определенного предела) сопровождается повышением смазочной эффективности продукта. Индекс вязкости характеризует интенсивность падения ее при увеличении температуры. Лучшими смазочными свойствами, при прочих равных условиях, обладают СОТС, имеющие повышенные значения индекса вязкости, однако вязкостно-температурной характеристики недостаточно для оценки эффективности СОТС. В условиях гидродинамического режима трения, требуется знание реологических свойств водомасляных эмульсий и самих эмульсолов.
3	Кислотное число и содержание свободных жирных кислот	Однородная жидкость. 40 $^{\circ}\text{C}$ – 20–65 мм ² /с 50 $^{\circ}\text{C}$ – 10–60 мм ² /с ИВ 100–140 Кислотное число характеризует суммарное содержание свободных жирных кислот и их солей (мыл) о аминами. Наличие мыл в составе СОТС улучшает её смачивающие, эмульгирующие, антикоррозионные и, частично, смазочные свойства, но ухудшают условия образования хемосорбционной пленки свободными карболовыми кислотами. Показатель «содержание свободных жирных кислот» характеризует наличие карболовых кислот, не связанных в виде солей или других соединений. Карболовые кислоты образуют на поверхности металла прочно удерживаемую хемосорбционную пленку, улучшающую смазочные свойства СОТС, однако увеличение их концентрации выше оптимального может

		вызвать повышенное загрязнение полосы при отжиге.	
4	Число омыления	Содержание сложных эмиров, свободных кислот и их аминных солей. Разность значений показателей «число опыления» и «кислотное число» характеризует содержание сложных эфиров, в значительной степени ответственных за адгезионно-когезионные и реологические свойства СОТС, что проявляется при ужесточении режимов прокатки: чем выше скорость прокатки и удельные давления, тем больше число омыления применяемых СОТС. Но увеличение его значения более 100 мг КОН/г может сопровождаться повышенным загрязнением полосы после отжига.	30–90 мг КОН/г (возрастает с ужесточением режимов прокатки)
5	Иодное число	Содержание ненасыщенных соединений, чаще всего жирных кислот и их эфиров; ненасыщенные жирные кислоты имеют более широкий температурный диапазон жидком фазы, а также легче подвергаются окислению с образованием в зоне деформации низших дикарбоновых кислот, чем их насыщенные аналоги; роль ненасыщенных соединений при прокатке до конца не выяснена, рекомендуют соотношение сложных эмиров насыщенных и ненасыщенных кислот в составе СОТС поддерживать в пределах, характерных для пальмового масла.	40–70 мг J ₂ /100 г
6	Содержание серы, фосфора, хлора	Наличие в составе СОТС сернистых соединений нефтяных масел и присадок высокого давления (S, Cl, P – содержащих органических соединений). Наиболее широкое применение в составах СОТС для прокатки стали нашли эфиры и соли фосфорных кислот, т.к. образуемые ими на поверхности металла пленки отличаются высокой энергией связи с металлом, хорошими противоионными и антикоррозионными свойствами.	В пределах 2,0–5,0 %
7	Загрязненные полосы при отжиге (коксуемость)	Склонность СОТС к образованию на поверхности полосы при отжиге загрязнений типа «сажа», «темные пятна» и т.п.; определяется методом отжига пакета пластин, смоченных СОТС; косвенным показателем служит коксуемость продукта.	Отсутствие загрязнений на полосе отжига; коксуемость не более 0,2 % масс.

8	Температура вспышки	Холодная прокатка углеродистых сталей ведется с применением СОТС в виде водомасляных эмульсий, что в сочетании с применением средневязких масел обеспечивает хорошую пожароопасность производства.	Обычно выше 150 ⁰ С
9	Температура застывания	Температура потери подвижности (текучести) при атмосферном давлении.	Должна оставаться жидкой до минус 15 ⁰ С
10	Стабильность при хранении	Стабильность СОТС во времени в условиях колебания температур (40±минус 15 ⁰ С)	Отсутствие выделения осадка и расслаивания жидкой фазы
11	Диспергируемость в воде	Легкость образования эмульсий при смешении с водой.	Должна легко эмульгировать в воде при слабом перемешивании
<u>1.2. Водные эмульсии рабочих концентраций</u>			
12	Стабильность (или дисперсность) эмульсии	Скорость флокуляции и коалесценции капель дисперсной фазы; для эмульсий м/в обычно с увеличением диаметра масляных капель смазочная эффективность их возрастает; стабильность эмульсии характеризует также возможность применения ее в циркуляционной системе и традиционных способов очистки от загрязнений.	Стабильная (размер капель дисперсной фазы 1 мкм) – для эмульсий циркуляционных систем; метастабильная (5–50 мкм) или нестабильная (более 50 мкм) – для концентрированных эмульсий одноразового использования.
13	Значение pH	Концентрация водородных ионов; низкие значения pH (менее 5–6) могут быть причиной уменьшения стабильности эмульсии, ухудшения ее антикоррозионных и антимикробных свойств, хотя смазочная эффективность может возрастать.	5,5–5,8
14	Антикоррозионные	Способность СОТС предохранять оборудование и готовую продукцию от атмосферной коррозии.	Отсутствие коррозии оборудования и гото-

			вой продукции в период межоперационного хранения.
15	Поверхностное натяжение	Смачиваемость поверхности прокатываемой полосы и валков при нанесении эмульсии; а, следовательно, скорость образования смазочной плешки и её непрерывность.	30–50 н/м
16	Моющие средства	Способность эмульсии смывать с прокатываемой полосы масляную пленку (образующуюся, например, при промасливании полосы или адсорбции «масел утечки»), диспергировать частицы износа полосы и валков и т.п.; обычно улучшение моющих свойств эмульсии ведет к падению ее смазочной эффективности вследствие повышения стабильности эмульсии.	Устанавливаются экспериментально в соответствии с требуемыми смазочными свойствами, чистотой полосы и применяемой системой подачи смазочно-охлаждающих и моющих жидкостей.
17	Ценообразующая способность и стабильность пены	Обильное ценообразование и высокая устойчивость пены ухудшает теплопроводность эмульсии.	Минимальные значения показателей выбираются в зависимости от циркуляционной системы прокатного стана.
2. Смазочные свойства			
18	Антифрикционные свойства (коэффициент трения, удельная сила трения, коэффициент смазочной эффективности при прокатке на лабораторном прокатном	Характеристики учитывающие основные показатели процесса прокатки (усилие прокатки, крутящий момент, величину обжатия, а также работу трения и деформации); позволяют провести оценку эффективности СОТС на лабораторном стане при максимальном приближении параметров прокатки к заводским условиям.	Коэффициент трения 0,01–0,08.

	стане.		
19	Противозадирные свойства (на машинах трения ЧШМ, Фалес, Амолера и др.).	Несущую способность смазочных пленок, определяющих пределы работоспособности СОТС в условиях граничного трения. Очень важные при высоких скоростях и нагрузках при прокатке.	Имеется тенденция к получению максимально высоких значений давлений при небольшом износе и задире.
20	Температурная прочность граничных пленок (машина трения МАСТ–1, маятниковый прибор и др.).	Температурные пределы работоспособности смазочных пленок, определяемых по зависимости коэффициента трения от температуры. Эффективные СОТС обладают высокой критической температурой при низких значениях коэффициента трения.	Обычно ведут испытания до температуры 200–400 ⁰ С при этом коэффициент трения не должен резко возрастать.

Таблица 2. Показатели контроля качества циркулирующей эмульсии в период её эксплуатации при холодной прокатке листовой стали

Наименование показателя	Свойство СОТС, характеризующее данным показателем	Рекомендуемые пределы значения
1 Концентрация эмульсии и содержание активного масла	Содержание дисперсной фазы в эмульсии выбирается в зависимости от ее назначения; концентрация циркулирующей эмульсии изменяется вследствие адсорбции компонентов СОТС на полосе и пылевидных частичках железа, вследствие попадания в эмульсию «масел утечки» и т.п.: «масла утечки» снижают смазочную способность эмульсии (в силу разбавления активного масла), ухудшают качество поверхности полосы, в связи с чем, кроме общей концентрации масляной фазы в эмульсии постоянно контролируют также количество «активного масла» – исходной СОТС (по значениям показателей «число омыления», «содержание свободных жирных кислот» и т.п.) в масле, выделенном из эмульсии при её разложении.	2–8 % масс. для стабильных эмульсий циркуляционной системы; 20–40 % масс. для нестабильных эмульсий; содержание активного масла – не менее 70 % масс.
2 Содержание железа: а) общее;	Интенсивность износа металлических поверхностей при прокатке с образованием мелких частичек металла (Fe – пыль) и химических соединений железа – водорастворимых солей и нерастворимых мыл, обычно ассмили-	Общее железо – не более 100–200 мг/л. Fe – пыль в масляной

<p>б) Fe – пыли в масляной фазе; в) Fe – мыл в масляной фазе.</p>	<p>руемых масляной фазой в коллоидном состоянии; увеличение концентрации указанных соединений ухудшает энергосиловые параметры прокатки и качество полосы; количество Fe – пыли зависит также от эффективности работы системы очистки эмульсии.</p>	<p>фазе – не более 1 % масс. Fe – мыла в масляной фазе – не более 1,5 % масс.</p>
<p>3 Зольность</p>	<p>Наличие неорганических и металлоорганических соединений обусловлено содержанием железа и его производных, а также солями жесткости; так как для приготовления эмульсии обычно используют воду с незначительной жесткостью, часто по показателю «зольность» судят об общем содержании железа, т.к., что методика определения железа сложнее.</p>	<p>Максимум 2000 мг/л</p>
<p>4 Содержание анионов травильного раствора</p>	<p>Концентрацию Cl^- или SO_4^{--}, попадающих в основном из линии НТА и резко ухудшающих антикоррозионные свойства эмульсии.</p>	<p>Концентрация Cl^- не более 30 мг/л; концентрация SO_4^{--} – не более 50 мг/л.</p>
<p>5 Содержание Ca^{++} и Mg^{++}</p>	<p>Жесткость воды, применяемой для приготовления и корректировки концентрации эмульсии: увеличение концентрации ионов Ca^{++} и Mg^{++} сопровождается ухудшением стабильности, моющей и смазочной эффективности эмульсии.</p>	<p>Жесткость воды для приготовления эмульсии не более 4,6 мг–экв/л.</p>
<p>6 Значение pH</p>	<p>pH циркулирующей эмульсии в первые дни работы обычно несколько снижается, затем стабилизируется.</p>	<p>6,5–8,5</p>
<p>7 Стабильность эмульсии</p>	<p>Стабильность эмульсии в процессе эксплуатации изменяется вследствие адсорбции эмульгаторов на поверхности металлов, накопления в эмульсии продуктов гидролиза и окисления компонентов СОТС, солей жесткости, развития процессов микробного поражения эмульсии и т.п.</p>	<p>Стабильность эмульсии в процессе эксплуатации регулируют добавками эмульгаторов (мыл, неионогенных ПАВ, аминов) или жирных кислот.</p>
<p>8 Удельная электропроводность</p>	<p>Общее содержание растворенных солей и низкомолекулярных карбоновых кислот. Накопление указанных продуктов резко снижает антикоррозионные свойства эмульсии.</p>	<p>Не более 500 мк сим. см^{-1}</p>

деформации металла при прокатке. Методы контроля качества СОТС в процессе ее эксплуатации (табл.2) позволяют своевременно определить причину ухудшения отдельных свойств эмульсии, произвести соответствующую корректировку ее состава и увеличить срок службы. В предлагаемый перечень методов контроля нами включены некоторые показатели, для которых нет стандартизированных методов анализа или недостаточно количественных данных для установления их оптимальных значений, однако указанные показатели демонстрируют важнейшие свойства СОТС и заслуживает, по нашему мнению, широкой апробации, стандартизации методик и определения оптимума их значений.

Выводы.

Таким образом, предлагаемый перечень показателей качества СОТС может послужить основой для разработки комплекса показателей контроля качества СОТС для холодной прокатки листовой стали. Однако для полной и всесторонней оценки СОТС и их компонентов необходима, на наш взгляд, разработка лабораторных методов оценки смазочной эффективности продукта в широком интервале изменения соотношения граничный/гидродинамический режимы трения, что будет способствовать надежному определению эксплуатационных возможностей СОТС в условиях интенсификации процесса прокатки.

1. *Эмульсии* и смазки при холодной прокатке. Белосевич В.К., Не тесов Н.П., Мелешко В.И., Адамский С.Д. М.: Металлургия, 1986. – 416 с.
2. *Svedung D.H.* Аналитический контроль эмульсий для холодной прокатки – Scand J. Met., 1980, 9, 4. p. 183–187, 189–195.
3. *Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т.* Трение и смазка при обработке металлов давлением. Справочник. – М.: Металлургия, 1982. – 310 с.
4. *В.Робертс.* Холодная прокатка стали. Пер с англ.. – М.: Металлургия, 1982. – 542 с.
5. *Basset R.J., Horkins C.D.* The effect of lubricant behaviour on product quality and cold rolling mill performance. – Mech. Work and Steel Proc. Vol. 15, Proc. 19th Conf. Pittsburg, Pa, 1977. – New Work. 1977. p. 121–147.
6. *Chaturvedi R.C.* Grading of Cold Rolling Lubricants – 3rd Intern. Colloquium, Jan. 1982. Lubrication in Metal Working, v. 1. – Technische Akademie Esslingen.
7. *Young J.W.* Evaluation of sheet steel cold rolling lubricant – Iron and Steel Eng., 1980, v. 57, № 8, p. 53–57.
8. *Petrik K.J., Vach V.* Technologicka maziva pro valcovani za studene a jrjich hognocem. – Hutnicke Actuality, 1981. v. 21, № 11, s. 1–51.
9. *Методы* анализа органических соединений нефти, их смесей и производных. Сборн.2, 1969. – М.: Наука. – 210 с.
10. *Эмульсолы* и пасты. Методы испытаний. ГОСТ 6243–75.
11. *1977 Annual Book of ASTM Standards Petroleum Products and lubricants.* Pt 23, 24, 25.
12. *IP Standards of Petroleum and its Products.* 34th Pt. 1, 2. London, Applied Science Publishers, 1975.

13. *DIN Taschenbuch 20* "Mineralol and Brenstoff – normen Schmierstoffe, Isolierole Paraffin", – Berlin, Bluth – Verticb GmbH, 1973/
14. *Federal Test Methool Standards №7918* lubricants, Liquid Fuels and Pelaten Products, Methods of Testing, 1969.

Статья рекомендована к печати к.т.н. И.Ю.Приходько