

ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВЫ ТРАДИЦИОННЫМ ЛЕГИРУЮЩИМ ЭЛЕМЕНТАМ, УЛУЧШАЮЩИМ ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ СТАЛИ РЕЗАНИЕМ

М.С. Никитин

Легкообрабатываемые стали играют важнейшую роль в серийном и массовом производстве ответственных деталей машин, в первую очередь, при внедрении автоматических и поточных линий металлообработки, станков-автоматов и станков с программным управлением, поскольку позволяют вести высокоскоростную качественную обработку на современном металлорежущем оборудовании.

В последние годы все отчетливее проявляется тенденция ограничения применения свинца и ряда других легкоплавких элементов для легирования стали с целью повышения эффективности ее механической обработки при последующем переделе. С одной стороны, это связано с ухудшением экологии и условий труда персонала. С другой стороны, серьезными недостатками этих сталей являются нестабильное усвоение и неравномерное отмеченных легирующих компонентов по объему слитка, что затрудняет гарантированное получение заданных свойств от плавки к плавке и требует сложных технических решений на производстве [1]. Сокращение объемов потребления данных компонентов, не говоря уже о полном отказе от их использования, становится серьезной проблемой для металлургической промышленности.

По мнению авторов, наиболее приемлемым и в то же время эффективным способом решения проблем, возникающих при выплавке легкообрабатываемых сталей, который позволяет избежать дорогостоящих операций термической обработки и кардинальных преобразований в отработанной технологии производства, является применение альтернативных легирующих материалов. На основании проведенного анализа термодинамических свойств химических элементов и оценки усложнения технологии металлургического передела в связи с их применением был сделан вывод о том, одним из таких потенциальных металлических легирующих может стать олово.

В связи с этим в настоящей работе будут рассмотрены некоторые аспекты целенаправленного легирования стали оловом для улучшения ее обрабатываемости резанием. В частности, в ходе данных исследований планируется оценить степень усвоения и равномерность распределения предлагаемого элемента по высоте слитка, а также проанализировать его влияние на экологическую обстановку рабочей зоны.

В качестве объекта для исследований была выбрана марка 30Х с исходным химическим составом в соответствии с ГОСТ 4543–71. Для того чтобы избежать усложнения технологии выплавки стали олово использовали в чистом виде. В целях уменьшения влияния на результаты эксперимента сопутствующих примесей применяли металл квалификации «ЧДА» согласно ТУ 6-09-2704-88 с фактическим содержанием основного компонента 99,70 %.

Выплавка стали производилась в лабораторной индукционной печи. В качестве плавильной емкости использовались высокоплотные корундовые тигли с добавкой двуокиси титана. В силу того, что рабочее пространство печи имело специфичные геометрические размеры, к исходным материалам предъявлялись строгие требования по фракционному составу. Размер кусков подбирался таким образом, чтобы получить оптимальную насыпную плотность в периферийной зоне и тем самым избежать образования настыва металла на стенках тигля в ходе оплавления верхних слоев шихты. В противном случае сформировавшийся адсорбированный слой будет препятствовать нормальному ходу ведения процесса, негативно влиять на его электрический режим и, в конечном счете, может спровоцировать значительные потери мощности на ванне, что приведет к свариванию шихты вместо ее расплавления.

Для того чтобы снизить вероятность растрескивания тиглей в результате перепада температур, исключить непредвиденные потери металла и увеличить скорость его расплавления применялся их предварительный подогрев с навесками шихты в печи сопротивления. Присадку олова производили либо непосредственно после включения печи, либо в момент начала расплавления металлошихты.

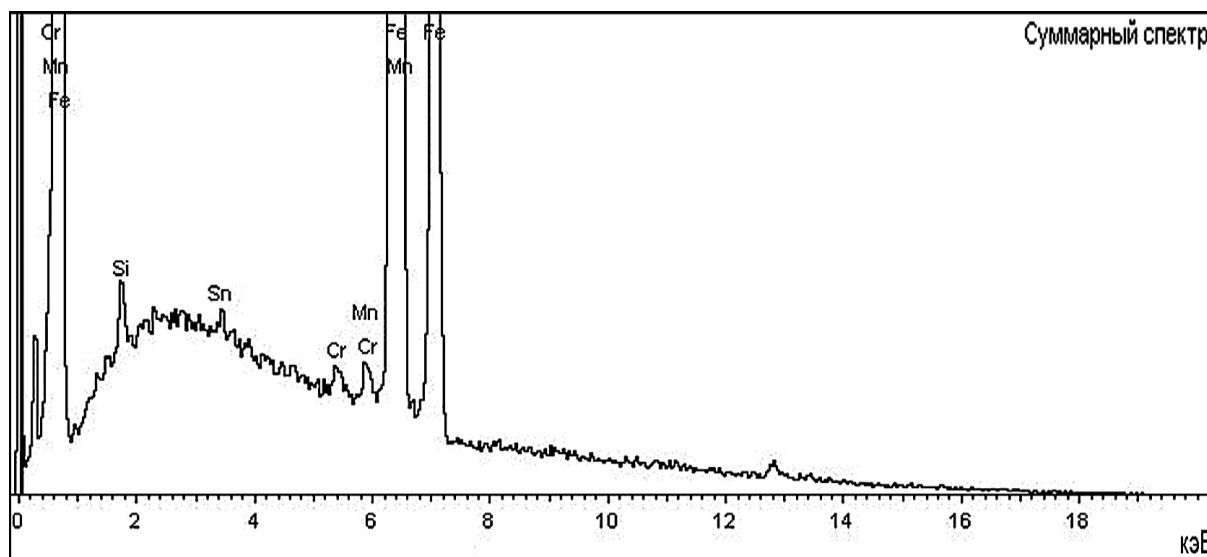
В дальнейшем выплавленные слитки подвергали свободной ковке металла. Процесс проводили в несколько этапов, добиваясь получения круглого профиля заготовки, для того чтобы облегчить последующее изготовление образцов для проведения испытаний. Для того чтобы оценить равномерность распределения олова по высоте слитка, с каждой заготовки были отобраны три пробы, соответствующие различным по высоте зонам слитка: верхней, средней и донной частям. После завершения всех технологических операций металл направляли на химический анализ. Номинальный химический состав полученных образцов представлен в табл. 1.

Таблица 1

Усредненный химический состав сталей

Марка стали	Условный номер образца	Химический состав, мас. %								
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Cu	Sn
30X	1	0,29	0,57	0,31	0,031	0,025	1,02	0,18	0,21	0,05
	2	0,29	0,57	0,31	0,030	0,024	1,02	0,18	0,21	0,10
	3	0,30	0,63	0,34	0,032	0,024	1,03	0,19	0,20	0,15
	4	0,29	0,65	0,33	0,030	0,024	1,01	0,18	0,20	0,20

Данные химического анализа подтверждены посредством спектрально-го исследования металла, выполненного с помощью лабораторно-исследовательского комплекса «Inca» компании «Oxford Instruments». В ходе исследования применялся электронный микроскоп с автоматизированным управлением зондом и функцией анализа с привязкой к изображению. Результаты анализа микроструктуры посредством набора спектра ее компонентов, представленные на рисунке, наглядно иллюстрируют факт присутствия олова в железной матрице.



Энергетический спектр компонентов матрицы стали 30X

Оценка равномерности распределения олова, базирующаяся на анализе его фактического содержания в различных участках объема выплавленных слитков и определении отклонения данной величины от расчетного значения, показана в табл. 2.

Таблица 2

Распределение олова по высоте лабораторных слитков

Марка стали	Условный номер образца	Расчетное содержание, мас. %	Фактическое содержание, мас. %			Максимальное абсолютное отклонение, мас. %
			А	Б	У	
30Х	1	0,05	0,051	0,053	0,052	+0,003
	2	0,10	0,098	0,104	0,103	+0,004
	3	0,15	0,143	0,150	0,148	-0,007
	4	0,20	0,199	0,205	0,203	+0,005

Примечание. А, Б, У – маркировка места отбора пробы: верхняя, средняя и донная части слитка соответственно.

Величина абсолютного отклонения в содержании олова по высоте слитка минимальна и в целом не превышает 0,01 процентного пункта, что, вероятнее всего, объясняется влиянием условий проведения эксперимента, в частности места отбора пробы, так как в теле слитка объективно всегда имеет место незначительная ликвация легирующих элементов и нежелательных примесей. Также можно предположить, что определенный вклад в появление отклонения внес способ легирования стали.

Результаты химического анализа проб подтверждают сделанное ранее предположение о том, что предлагаемый легирующий элемент, обладая оптимальной с точки зрения процесса легирования стали плотностью, равномерно распределяется по всему объему металла. Степень усвоения олова сталью достигает достаточно высоких значений. Объяснением последнего явления служит тот факт, что в процессе выплавки стали олово не окисляется, не испаряется автономно и не образует летучих соединений. С одной стороны, это частично связано с тем, что по своему химическому сродству к кислороду данный металл относится к группе химических элементов, обладающих сродством к кислороду меньшим, чем железо, и вследствие этого почти полностью остающихся в стали в растворенном состоянии [3]. С другой стороны, олово обладает высокой температурой кипения, значительно превышающей рабочие температуры сталеплавильных процессов, и имеет низкую упругость пара, что препятствует его свободному испарению с поверхности расплава.

С целью комплексной оценки перспектив применения олова для легирования стали в данной работе необходимо также затронуть вопрос о его влиянии на санитарно-гигиенические условия труда производственного персонала. Одним из важнейших преимуществ олова по отношению к традиционным легирующим элементам, улучшающим обрабатываемость резанием, является крайне малая токсичность данного металла. Значение

предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны и ориентировочно безопасного уровня воздействия для чистого олова на сегодняшний день не установлено.

Таким образом, легирование автоматных сталей оловом должно способствовать значительному улучшению экологической обстановки металлургического производства за счет снижения агрессивности вредных выбросов в окружающую атмосферу высокотоксичных компонентов и соединений на их основе.

Библиографический список

1. Заславский, А.Я. Современные автоматные стали. Состав, включения, свойства / А.Я. Заславский. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 206 с.
2. Кудрин, В.А. Теория и технология производства стали: учеб. для вузов / В.А. Кудрин. – М.: Мир: «Издательство АСТ», 2003. – 528 с.