

Процесс окисления сталей при повышенных температурах

Студент гр.104324 Кухарчук М.Н.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Технологические процессы обработки, связанные с нагревом и охлаждением железоуглеродистых сплавов на воздухе или продуктах сгорания топлива, сопровождаются процессом окисления. Особенно интенсивно процесс окисления протекает при температурах, превышающих 600° С, поверхность сплавов покрывается продуктами газовой коррозии – окалиной.

При нагреве сталей перед штамповкой, ее потери на окисление составляют 1,5 - 2 %, а в процессе деформации и охлаждения 0,5-0,6 % от массы нагреваемого металла, потери на окисление доходят до 6-8,4 %, а всего в прокатных, кузнечных и термических цехах в окалину переходит до 5% обрабатываемого металла (1).

Вследствие взаимодействия с газами, процессы окалинообразования в поверхностном и внутреннем слоях протекают одновременно и взаимосвязано. Динамика окисления сталей зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются температура, сродство металла к кислороду, скорость образования, прочность оксидной пленки, ее дефектность и т.д.

Окисление является сложным гетерогенным процессом, включающим ряд стадий: подвод кислорода, адсорбцию молекул на поверхности, диссоциацию молекул кислорода на атомы, поглощение атомов кислорода металлом, с образованием твердых растворов или химических соединений, диффузию кислорода в поверхностный слой (рост окарины).

Окалина, железоуглеродистых сплавов состоит из трех слоев, которые приблизительно соответствуют закиси железа FeO, оксиду железа Fe₂O₃ и магнетиту Fe₃O₄. Последовательность в расположении слоев разных фаз в окалине соответствует диаграмме состояния железо-кислород. Оксид FeO, в соответствии с диаграммой Fe-O, устойчив при температурах выше 560⁰ С. При медленном охлаждении с более высоких температур закись железа распадается согласно уравнению:



Термодинамические расчеты показывают, что железо не может существовать одновременно со всеми своими оксидами. Действительно, для системы Fe – FeO – Fe₃ O₄ → Fe₂ O₃ – O₂ число степеней свободы с=–1. Это означает, что такая система не может существовать ни при каких значениях температур и концентраций кислорода. В случае исчезновения одной фазы с=0. Такая система существует при строго определенной температуре и давлении P_{O₂}.

В лабораторных условиях кафедры “Машины и технология литейного производства” проведены экспериментальные исследования процесса окалинообразования сталей Ст20, Ст45, нержавеющей стали Х18Н9Т и стали для изготовления металлокорда БМЗ. Предварительно прокаленные алундовые тигли вместе с образцами помещали в печь сопротивления при температуре 1000⁰ С и выдерживали в течение 20, 40, 60 минут. Алундовые тигли прошли предварительную прокалку в несколько стадий до фактического прекращения фазовых превращений, которые влекли изменение их массы. Образцы до и после испытаний взвешивали на электронных весах. В экспериментах фиксировали прирост массы, отнесенный к площади поверхности образцов. В таблице 1 представлены результаты экспериментальных исследований.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований

Сталь	Раз-ры обр-ца	Площадь ь S, мм ²	Вес P, г	Т-ра °С	Вес после испыт ΔP			Уд. Вес после испыт. ΔP/S			
	d/h мм				20	40	60	20	40	60	
Ст20	<u>25,3</u> <u>16,1</u>	2283,958	64,687	1000			65,468			0,02866	
	<u>25,9</u> <u>16,5</u>				2395,051	66,082	1000		66,665		0,0278
	<u>25,6</u> <u>16,2</u>				2331,136	64,908	1000	65,048			0,0279
Ст45	<u>25,0</u> <u>20,1</u>	2559,100	76,591	1000			77,38			0,03024	
	<u>25,0</u> <u>20,1</u>				2559,100	77,174	1000		77,799		0,0304
	<u>25,0</u> <u>20,3</u>				2574,800	77,384	1000	77,587			0,0301
БМЗ	<u>10,0</u> <u>20,1</u>	788,140	12,391	1000	12,458			0,0158			
	<u>10,0</u> <u>20,1</u>				788,140	12,273	1000		12,392		0,0157
	<u>10,0</u> <u>20,0</u>				785,000	12,231	1000			12,365	
Х18Н9Т	<u>14,2</u> <u>27,0</u>	1269,44	17,830	1000			17,84			0,0141	
	<u>14,3</u> <u>27,0</u>				1276,06	18,270	1000		18,27		0,0143
	<u>14,2</u> <u>27,5</u>				1289,74	18,420	1000	18,43			0,0143

Результаты экспериментальных исследований показали, что изменение удельного прироста массы образцов происходит по параболическому закону. Минимальный уровень окалинообразования имеет нержавеющая сталь Н18Н9Т, в отличие от остальных исследованных сталей парабола зависимости уд массы от времени для нее имеет восходящий характер.