

ИССЛЕДОВАНИЕ СКЛОННОСТИ К ПЕРЕГРЕВУ СТАЛЕЙ СИСТЕМ ЛЕГИРОВАНИЯ ХЗГЗМФС И ХНЗМФС

Абросимова А.А., Вагин Р.А., Панов Д.О., Симонов Ю.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, aaa-zaya@yandex.ru

Данная работа посвящена определению склонности к перегреву сталей систем легирования ХЗГЗМФС и ХНЗМФС. В работе исследовали стали 25ХЗГЗМФС, 25ХЗГЗМФС2, 45ХЗГЗМФС, 45ХЗГЗМФС2, 25ХНЗМФС, 25ХНЗМФС2, 45ХНЗМФС, 45ХНЗМФС2. Каждую сталь нагревали до температур 1000 °С, 1050 °С, 1100°С, 1150 °С и 1200 °С, выдержка составляла 30 минут с последующим охлаждением на воздухе. Металлографический анализ проводили с использованием светового микроскопа OlympusGX 51 при увеличениях до 1000 крат на травленных косых микрошлифах, размер зерна определяли с помощью программы Olympus Stream Motion. По результатам эксперимента были построены графики зависимостей размера аустенитного зерна от температуры нагрева. По результатам металлографических исследований сталей систем легирования ХЗГЗМФС и ХНЗМФС можно сделать вывод о том, что при повышении содержания кремния (% масс.) температура рекристаллизации аустенита повышается. Исследование сталей системы ХЗГЗМФС показало, что при повышении содержания углерода температура рекристаллизации аустенита понижается. В ходе проведенных исследований установлено, что плавки 25ХЗГЗМФС2 и 25ХНЗМФС2 наименее склонны к перегреву.

Ключевые слова: зерно аустенита, структурная наследственность, склонность к перегреву, температура рекристаллизации, система легирования.

STUDY THE PROPENSITY TO OVERHEAT STEEL SYSTEMS H3G3MFS AND HN3MFS

Abrosimova A.A., Vagin R.A., Panov D.O., Simonov Y.N.

Perm national research polytechnic university, Russia, Perm, 614990, Komsomolsky Av. 29, aaa-zaya@yandex.ru

This paper investigates the propensity to overheat steel alloying systems H3G3MFS and HN3MFS. In this paper we have investigated steel 25H3G3MFS, 25H3G3MFS2, 45H3G3MFS, 45H3G3MFS2, 25HN3MFS, 25HN3MFS2, 45HN3MFS, 45HN3MFS2. Each steel is heated to a temperature of 1000 °C, 1050 °C, 1100 °C, 1200 °C and 1150 °C, exposure was 30 minutes, followed by cooling in air. Metallographic analysis was performed using a light microscope at magnifications OlympusGX 51 to 1000-fold in the etched skew microsections grain size was determined using the Olympus Stream Motion. The experiment results were plotted as austenitic grain size on the heating temperature. According to the results of metallographic investigations steel alloying systems H3G3MFS HN3MFS and it can be concluded that with increasing silicon content (% wt.) recrystallization temperature of austenite increases. The study was a system H3G3MFS showed that with increasing carbon content of the recrystallization temperature of austenite is lowered. During the studies found that the melting 25H3G3MFS2 and 25HN3MFS2 less prone to overheating.

Keywords: grain austenite structural heredity tendency to overheat, the recrystallization temperature, the system of doping.

В современном машиностроении существует потребность в материалах обладающих высоким уровнем механических свойств, которые определяются химическим составом и структурой. Базовым параметром структуры, который определяет качество стальных изделий, является размер аустенитного зерна.

Перспективной группой материалов являются системно легированные стали типа ХНЗМФС и ХЗГЗМФС, так как при проведении термической обработки этих сталей можно получить структуру бескарбидного бейнита [1], обладающего достаточно высокой

прочностью, за счет структуры бейнита, и высокой пластичностью, за счет остаточного аустенита. В результате ранее проведенных дилатометрических исследований было установлено, что критическая точка A_{c3} у этой группы сталей находится на уровне 950°C . Поэтому целесообразно исследовать данные стали на склонность к перегреву при температурах выше A_{c3} . Научное исследование в этом направлении позволит выбрать стали с таким химическим составом, у которых склонность к перегреву будет минимальной.

Таким образом, целью данной работы является исследование склонности к перегреву сталей систем легирования ХЗГЗМФС и ХНЗМФС.

Материалы и методы исследования

В работе исследовали стали марок 25ХЗГЗМФС, 25ХЗГЗМФС2, 45ХЗГЗМФС, 45ХЗГЗМФС2, 25ХНЗМФС, 25ХНЗМФС2, 45ХНЗМФС, 45ХНЗМФС2, химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемых сталей, % (масс.).

Марка стали	Содержание элементов						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V
25ХЗГЗМФС	0,318	1,57	2,380	2,87	0,626	0,378	0,159
25ХЗГЗМФС2	0,317	>2.50	2.410	2.87	0.597	0.349	0.154
45ХЗГЗМФС	0.430	1.73	2.320	2.66	0.463	0.506	0.130
45ХЗГЗМФС2	0.421	2.66	2.480	2.67	0.485	0.409	0.096
25ХНЗМФС	0.304	1.61	0.268	2.85	0.501	3.120	0.128
25ХНЗМФС2	0.313	2.96	0.257	2.77	0.512	3.250	0.122
45ХНЗМФС	0.425	1.57	0.287	1.74	0.479	3.120	0.159
45ХНЗМФС2	0.411	>2.50	0.297	1.73	0.469	3.040	0.0631

При исследовании образцы сталей, подготовленные по методике [2], подвергали нагреву до температур 1000°C , 1050°C , 1100°C , 1150°C и 1200°C , выдержке 30 минут и последующему охлаждению на воздухе. В результате чего получили зерно аустенита [3] различного размера.

Микрошлифы изготавливали в несколько этапов: на абразивных шкурках Р240, Р320, Р600, Р1200, Р2000 последовательно сошлифовывали поверхностный слой до момента удаления следов от предыдущей шкурки со сменой направления шлифования на 90° . Полировку поверхности

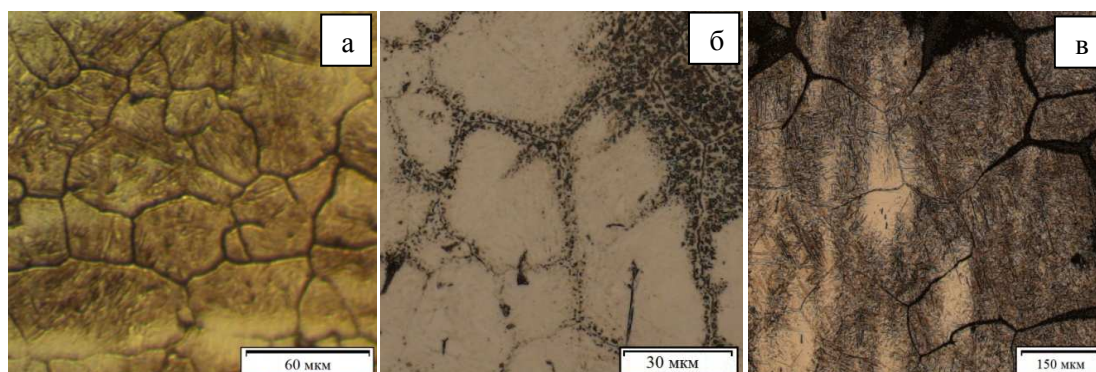
образца производили на полировочном круге с использованием сукна и алмазной пасты. После полирования образец промывали водой, обезжировали тампоном, смоченном в спирте, и сушили фильтровальной бумагой. Далее полированную поверхность образца подвергали травлению 4 %-м раствором азотной кислоты в этиловом спирте. Косой шлиф после термической обработки изготавливали таким же образом, но под углом к исходной поверхности.

Металлографический анализ проводили на травленных косых микрошлифах с использованием светового микроскопа Olympus GX 51 при увеличениях до 1000 крат. Размер зерна определяли с помощью программы Olympus Stream Motion.

На полученных изображениях поверхности исследуемого материала измеряли средний размер аустенитного зерна, для этого произвольно размещали несколько отрезков длиной L на снимок измеряемого образца и подсчитывали размер отдельно взятого зерна. Средний размер аустенитного зерна определяли по формуле: $l_{cp} = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) / n$, где: l – размер зерна, мм; n – число измерений. Замер проводили не менее двадцати наиболее типичных зерен на каждом изображении в общем случае не менее 50 раз.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам металлографического анализа сталей с системами легирования ХЗГЗМФС и ХНЗМФС после перегревов до различных температур получили изображения зеренной структуры аустенита, которые приведены на рисунках 1 и 2.



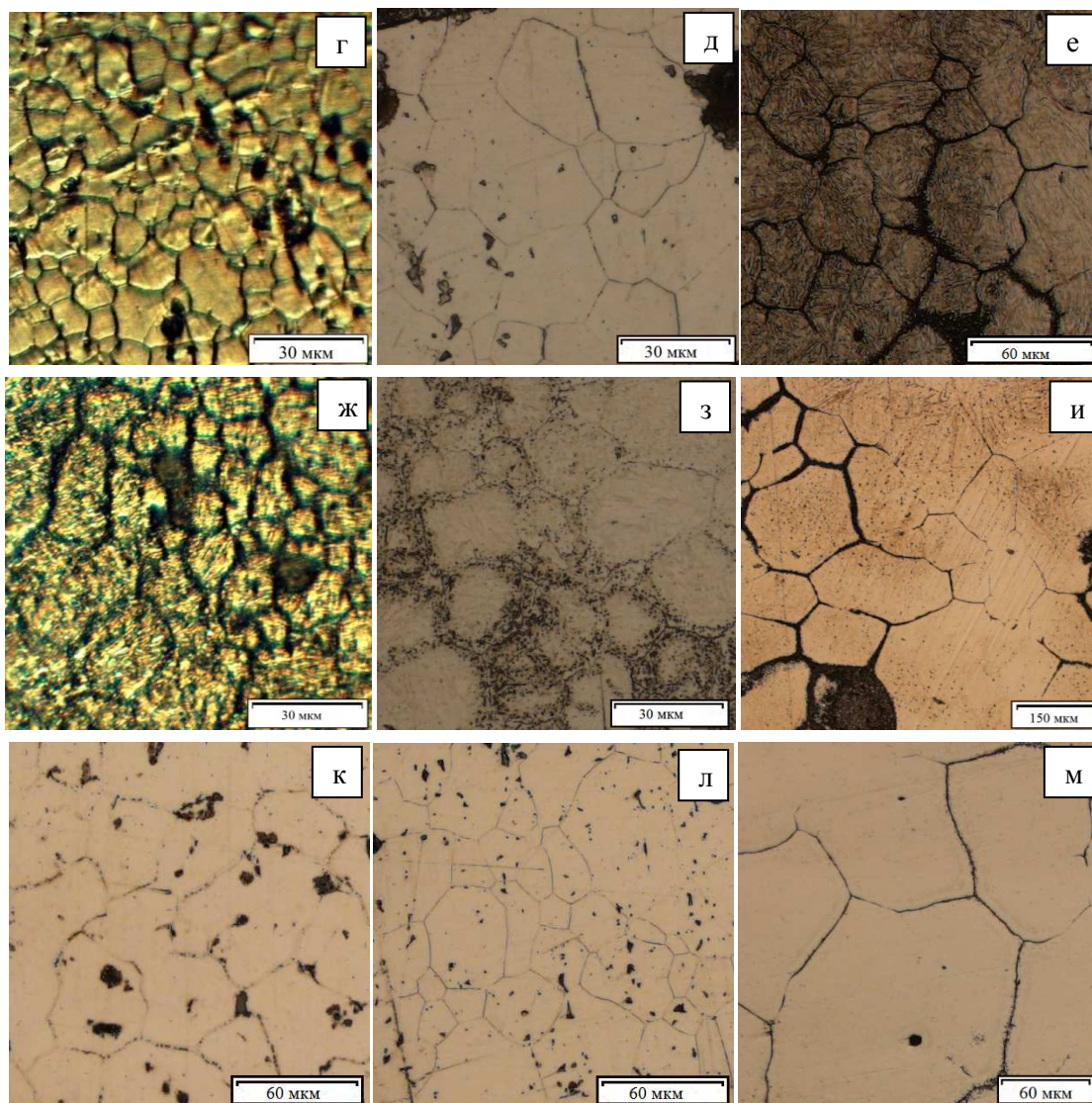
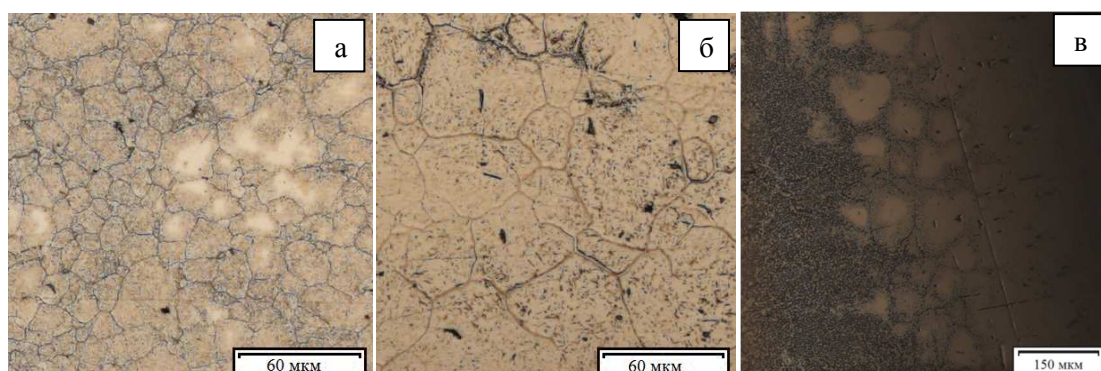


Рис. 1. Зеренная структура аустенита сталей 25Х3Г3МФС (а-в), 25Х3Г3МФС2 (г-е), 45Х3Г3МФС (ж-и) и 45Х3Г3МФС2 (к-м) после нагрева до температур: а, г, ж, к - 1000°С; б, д, з, л - 1100°С; в, е, и, м - 1200°С



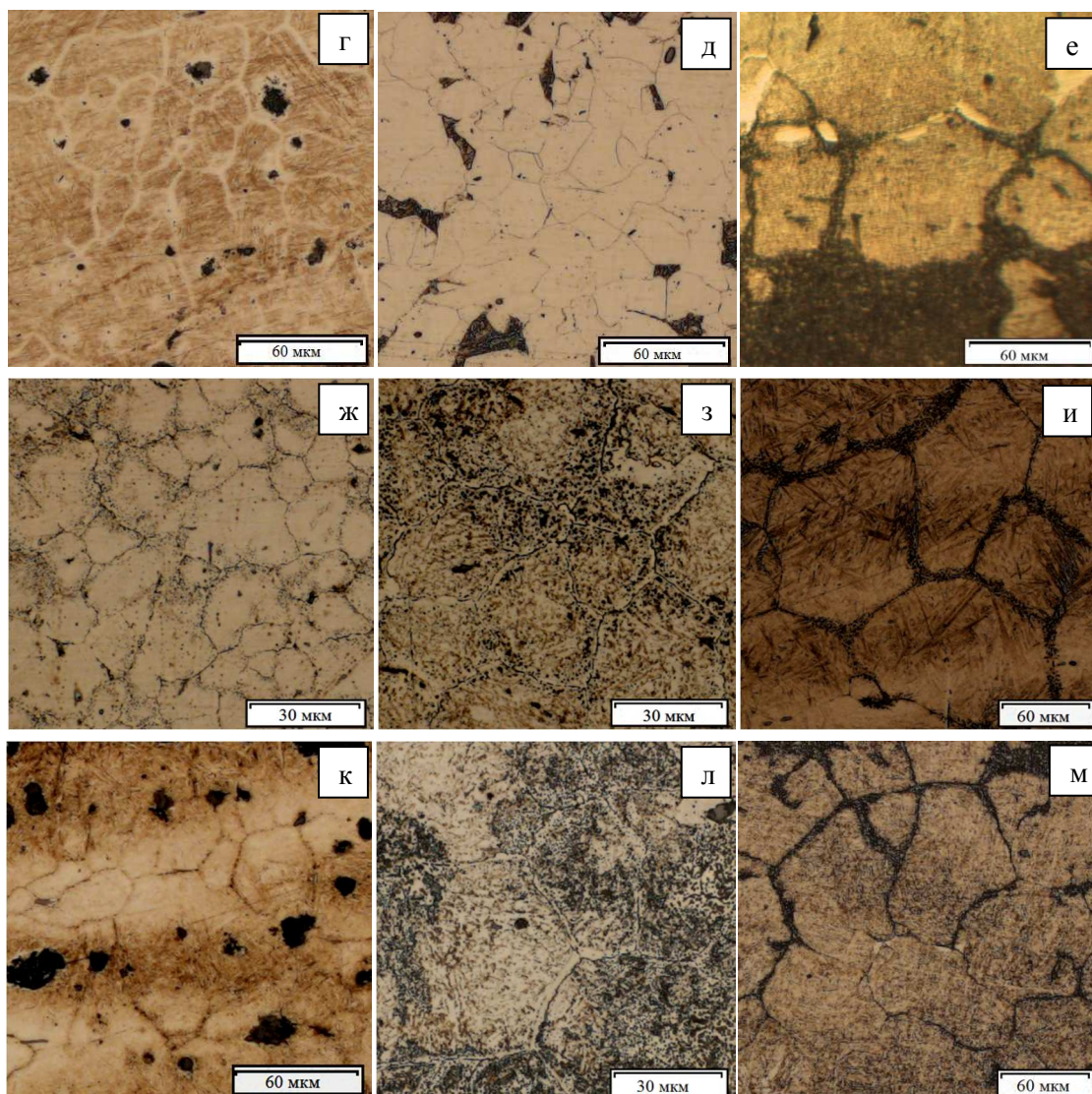


Рис. 2. Зереная структура аустенита сталей 25ХН3МФС (а-в), 25ХН3МФС2 (г-е), 45ХН3МФС (ж-и) и 45ХН3МФС2 (к-м) после нагрева до температур: а, г, ж, к - 1000°С; б, д, з, л - 1100°С; в, е, и, м - 1200°С

Средние значения размеров аустенитных зерен и доверительные интервалы, полученные в результате статистического анализа структур сталей с системой легирования ХЗГЗМФС (рис. 1) представлены в таблице 2, а для случая сталей с системой легирования ХНЗМФС (рис. 2) – в таблице 3.

Таблица 2

Средние размеры зерен аустенита и доверительные интервалы для сталей с системой легирования ХЗГЗМФС после нагрева до различных температур

Сталь	d±Δd, мкм				
	1000°C	1050°C	1100°C	1150°C	1200 °C
25X3Г3МФС	35±3	25±3	36±3	57±4	154±5
25X3Г3МФС2	31±4	33±4	24±2	32±3	46±3
45X3Г3МФС	21±2	22±2	27±2	46±4	157±6
45X3Г3МФС2	62±4	23±3	37±4	42±2	96±6

В результате исследований было обнаружено, что у сталей 25X3Г3МФС и 45X3Г3МФС2 средний размер аустенитного зерна в интервале температур нагрева 1000-1050 °С уменьшается, что объясняется прошедшей в этом интервале температур рекристаллизацией восстановленного исходного аустенитного зерна [4, 5].

В стали 25X3Г3МФС2 обнаружена рекристаллизация аустенита в интервале более высоких температур 1050-1100 °С. Более высокая температура рекристаллизации этой стали по сравнению со сталью 45X3Г3МФС2 обусловлена меньшим содержанием углерода, а в сравнении со сталью 25X3Г3МФС – увеличенным содержанием кремния.

Таблица 3

Средние размеры зерен аустенита и доверительные интервалы для сталей с системой легирования ХНЗМФС после нагрева до различных температур

Сталь	d±Δd, мкм				
	1000°C	1050°C	1100°C	1150°C	1200 °C
25ХНЗМФС	26±2	23±2	41±3	71±5	97±3
25ХНЗМФС2	54±4	26±3	25±3	29±3	54±3
45ХНЗМФС	22±2	20±3	36±3	69±4	106±6
45ХНЗМФС2	74±4	40±2	42±3	45±4	64±4

В ходе испытания было установлено, что в сталях 25ХНЗМФС2 и 45ХНЗМФС2 температура рекристаллизации находится в интервале температур 1000-1050 °С, то есть при более высоких температурах по сравнению со сталями 25ХНЗМФС и 45ХНЗМФС, у которых явления рекристаллизации аустенита в исследованном интервале температур не обнаружено. Повышение температуры рекристаллизации аустенита в сталях 25ХНЗМФС2 и 45ХНЗМФС2 вызвано увеличенным содержанием кремния в составе.

По результатам исследования были построены графики зависимости среднего размера аустенитного зерна от температуры нагрева для сталей с системой легирования ХЗГЗМФС и ХНЗМФС (рис. 3).

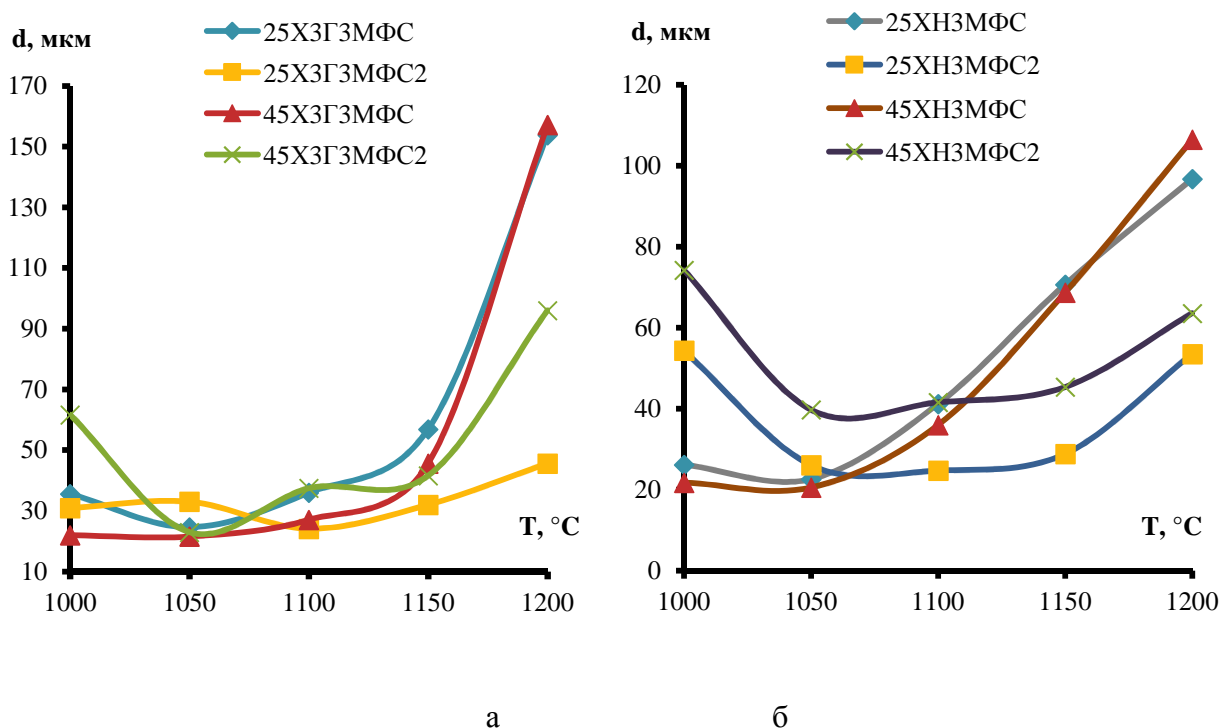


Рис. 3. График зависимости среднего аустенитного зерна от температуры нагрева сталей с системой легирования ХЗГЗМФС (а) и ХНЗМФС (б)

Анализируя полученные данные (рис. 3), можно сказать, наибольшую склонность к росту аустенитного зерна при нагреве показали стали 25ХНЗМФС, 45ХЗГЗМФС, 25ХНЗМФС и 45ХНЗМФС. Наименьшую склонность к перегреву имеют стали 25ХЗГЗМФС2 и 25ХНЗМФС2, так как при перегреве в область температур 1100 – 1200 °С у этих сталей наблюдается наименьший размер зерна в своих системах легирования.

Выводы

По результатам металлографических исследований сталей систем легирования ХЗГЗМФС и ХНЗМФС, можно сделать вывод о том, что при повышении содержания кремния температура рекристаллизации аустенита повышается.

При повышении содержания углерода в сталях системы ХЗГЗМФС наблюдается также рост температуры рекристаллизации аустенита, однако в сталях системы легирования ХНЗМФС такой закономерности не выявлено.

В ходе проведенных исследований установлено, что плавки 25Х3Г3МФС2 и 25ХН3МФС2 наименее склонны к перегреву.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (договор № 02.G25.31.0068 от 23.05.2013 г. в составе мероприятия по реализации постановления Правительства РФ № 218).

Список литературы

1. Симонов Ю.Н., Георгиев М.Н. Принципы конструирования химического состава сталей для получения в них структуры нижнего бескарбидного бейнита при замедленном охлаждении // Сб. тезисов 2-й науч.-практ. конференции с межд. участием. «Инновационные технологии в машиностроении и материаловедении» . – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. – 214 с.
2. Быкова П.О., Заяц Л.Ц., Панов Д.О. Выявление границ аустенитных зерен в сталях с мартенситной структурой методом окисления // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2008. Т. 74, № 6. - С. 42 – 45.
3. Блантер М.Е. Теория термической обработки: Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1984. - 328 с.
4. Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов: монография. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1978. – 568 с.
5. Садовский В.Д. Структурная наследственность в стали. - М.: Металлургия, 1973. - 205 с.

Рецензенты:

Беленький В.Я., д.т.н., профессор, декан МТФ ПНИПУ, г. Пермь;

Ханов А.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой КМиТОМ ПНИПУ, г. Пермь.