

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОЙ СТАЛИ S690QL ТЕРМООБРАБОТКОЙ НА ПАО «НЛМК»

Риксен Алена Альбертовна

магистрант Липецкий государственный технический университет, РФ, г. Липецк

Цыганов Игорь Анатольевич

канд. техн. наук, доцент, Липецкий государственный технический университет, РФ, г. Липецк

CHANGING THE MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF HIGH-STRENGTH WEAR- RESISTANT STEEL S690QL BY HEAT TREATMENT AT NLMK PJSC

Alyona Riksen

Master's student, Lipetsk state technical University, Russia, Lipetsk

Igor Tsyganov

Candidate of Science, associate Professor, Lipetsk State Technical University, Russia, Lipetsk

Аннотация. Изучено воздействие различных режимов термической обработки на микроструктуру и механические свойства высокопрочной износостойкой стали S690QL.

В процессе исследования на «ПАО НЛМК» были изучены микроструктура, микротвердость и фазовый состав высокопрочной износостойкой стали S690QL после различных термических обработок. По результатам изучения микроструктуры, механическим и физическим свойствам даны рекомендации позволяющие получить структуру зернистого бейнита на стали S690QL, дающие высокий комплекс механических свойств.

Abstract. The effect of various heat treatment modes on the microstructure and mechanical properties of high-strength wear-resistant steel S690QL has been studied.

During the research at NLMK PJSC, the microstructure, microhardness and phase composition of high-strength wear-resistant steel S690QL after various thermal treatments were studied. Based on the results of studying the microstructure, mechanical and physical properties, recommendations are given to obtain the structure of granular bainite on S690QL steel, giving a high complex of mechanical properties.

Ключевые слова: микроструктура; сталь; исследование; микротвердость; высокопрочность; износостойкость; термическая обработка; зернистый бейнит; мартенсит.

Keywords: microstructure; steel; research; microhardness; high strength; wear resistance; heat treatment; granular bainite; martensite.

Требования к конструкционным сталям с бейнитно-мартенситной структурой постоянно возрастают. Изменяя микроструктуру стали различными видами термической обработки можно получить значительное изменение свойств изделий, например износостойчивость и твердость при одном и том же химическом составе материалов. Высокопрочная холоднокатаная сталь S690QL после обработки на бейнитно-мартенситную структуру применяется при изготовлении изделий безопасности кузовной арматуры автомобиля. S690QL сталь конструкционная весьма широкого применения (S – обозначает конструкционная высокопрочная) хорошей пластичности (690 – обозначает минимальный предел текучести $\sigma_T = 690$ МПа при температуре окружающей среды после заковки с 950 °С и последующего отпуска при 400 °С, QL – обозначает (Q – закалка и отпуск L – низкотемпературная вязкость), отвечающая требованиям стандарта EN 10025-6 [1, 1с]. Бейнито-мартенситные стали широко используются в качестве высокопрочных материалов. В связи с этим микроструктура и свойства этой стали после различных видов термической обработки представляют большой интерес и нуждаются в изучении. Целью данной работы является изучение влияния параметров термической обработки на микроструктуру и свойства высокопрочной износостойкой стали S690QL, сочетающей высокую прочность и пластичность с хорошей свариваемостью. Для исследования физико-механических свойств были отобраны образцы из стали S690QL, химический состав которой приведен в таблице 1 из полос фронтального профиля на ПАО «НЛМК».

Химический состав изучаемой стали S690QL устанавливается стандартом EN 10125-6-04.

Таблица 1

Химический состав изучаемой стали S690QL, %(масс)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	
0,17	0,8	1,7	1,5	0,01	0,02	1,8	
Al	Co	Cu	V	Ti	Nb	Pb	
0,05	0,01	0,07	0,10	0,04	0,04	0,001	
Sn	As	Zr	B	Sb	Ca	N	
0,005	0.01	0,1	0,005	0,02	0,001	0,01	

После отжига конструкционной стали S690QL в структуре присутствуют бейнит зернистый и аустенит остаточный, после закалки – мартенсит, бейнит нижний и аустенит остаточный; после нормализации – бейнит верхний, бейнит нижний и аустенит остаточный. Получить равновесную структуру невозможно, так как присутствует аустенит остаточный.

Было изучено поведение бывшего зерна аустенита в стали S690QL подвергнутой отжигу при 900 °С, выдержке 40 минут, а затем закалке с температур 900–1 050 °С, и при выдержке 40 минут с охлаждением в воде. Такой обработке были подвергнуты образцы стали S690QL, отобранные с поверхности и сердцевинные полосы. Выявление бывшего зерна осуществляли в результате травления образцов в горячем растворе пикриновой кислоты. Травление проводилось втиранием кислоты в образец, в результате чего на образце появлялись границы

бывшего аустенитного зерна. Всего на образец набирали 500 зерен. Был подсчитан размер зерна и построены гистограммы.

Таблица 2

Средний условный диаметр зерна, мкм

Температура закалки, °С	Размер зерна, мкм	
	Место отбора образца	
	Сердцевина	Поверхность
900	15,64	13,9
925	14,62	14,5
950	19,61	20,94
1000	24,28	21,1
1050	42,21	27,64

На исследуемых образцах на микротвердомере ПМТ-3 была измерена микротвердость [2, 1–5 с]. Результаты исследований статистически обработаны и приведены с 5 % отклонением.

По результатам микротвердости, была построена зависимость изменения микротвердости от температуры закалки исследуемых образцов (см. рис. 1).

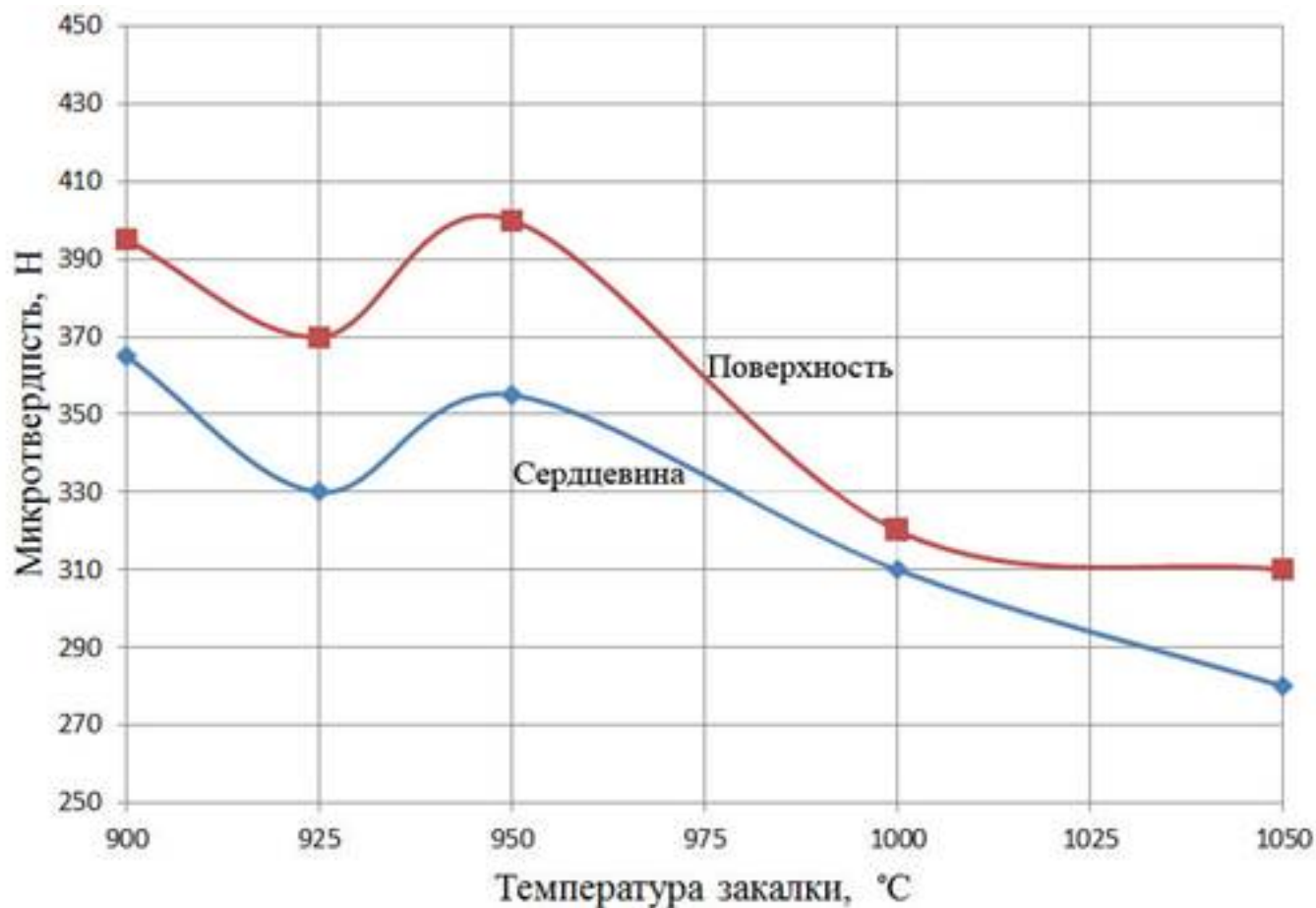


Рисунок 1. Зависимость микротвердости от температуры закалки стали S690QL

Выводы

1. Исследовано влияние термической обработки на микроструктуру и свойств конструкционной низколегированной стали S690QL.
2. Температура отжига 900 °С, время выдержки 40 мин и печное охлаждение позволяют получить микроструктуру, состоящую из зернистого бейнита и остаточного аустенита, а не феррито-перлитную композицию.
3. Повышение температуры закалки в интервале 900–1 050 °С не приводит к увеличению размера зерна бывшего аустенита выше № 5 по ГОСТ 5639-82.
4. После закалки при 900 °С выдержка в течение 40 мин и охлаждение водой приводит к образованию микроструктуры мартенсита, нижнего бейнита и остаточного аустенита.
5. Отпуск в интервале температур 550–700 °С приводит к разупрочнению поверхности стали с 327 HV до 206 HV и центра с 346 HV до 205 HV.
6. Существенных различий в микроструктурном поведении поверхности и сердцевины полосы из стали S690QL, закаленной в интервале температур 900–1 050 °С и отпущенной в интервале температур 550–700 °С, не наблюдалось.

Список литературы:

1. Стандарт DIN EN 10025-6:2020 Изделия горячекатаные из конструкционных сталей. Часть 6. Технические условия поставки плоских изделий из конструкционной стали с высоким пределом текучести в закаленном и отпущенном состоянии. Немецкая версия EN 10025-6:2019 Дата введения в действие: 01.02.2020. С. 29.
<https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6485557>
2. ПМТ-3 микротвердомер. 02.05.2015. 1–5 с. <https://studfile.net/preview/3561636/>