

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛЕЙ МАРТЕНСИТНОГО И ПЕРЕХОДНОГО КЛАССОВ

Шевчук Е.П.

научный руководитель канд. техн. наук Токмин А.М.

*Сибирский федеральный университет*

Для изготовления ответственных деталей космических летательных аппаратов применяются коррозионностойкие стали переходного и мартенситного классов. Для повышения надежности и долговечности зубчатых колес используют различные способы поверхностного упрочнения и модифицирования. В данной работе было изучено влияние ионно-плазменного воздействия на структуру и свойства сталей различного состава после термической обработки.

Были исследованы различные виды термообработки, параметры микротвердости и микроструктуры образцов, выполненных из сталей 07X16H6, 03X11H8M2Ф-ВД, 95X18-Ш. Измерения проводились по сечениям представленным на рисунке 1.

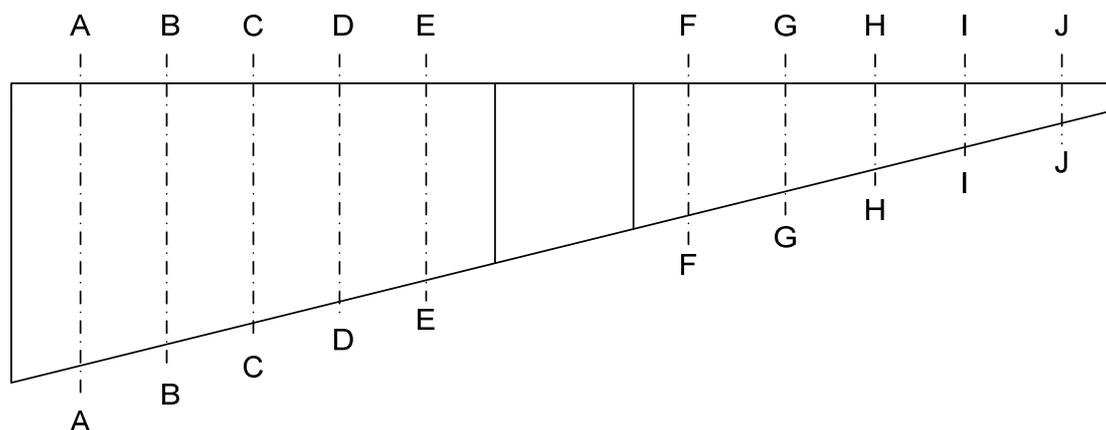


Рисунок 1 - Схема расположения сечений

Химический состав сталей по ГОСТ 5632-72 указан в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав сталей по ГОСТ 5632-72

Марка стали	C	Si	Mn	Ni	P	Cr	S	Mo	V
07X16H6	0.05-0.09	≥0.80	≥0.80	5.00-8.00	≥0.035	15.5 - 17.5	≥0.020	-	-
03X11H8M2Ф-ВД	≥0.03	≥0.50	≥0.50	7,8-8,6	≥0.015	11,0-12,0	≥0.010	2,3-2,8	0,05-0,30
95X18-Ш	0.90-1.00	≥0.80	≥0.30	≥0.60	≥0.030	17.0-19.0	≥0.025	-	

Сталь 07X16H6 применяется для изделий, работающих в атмосферных условиях, агрессивных средах, глубоком вакууме и для криогенной техники; сталь аустенитно - мартенситного класса.

Химический состав стали 07X16H6 по ГОСТ 5632-72 указан в таблице 1. Механические свойства стали 07X16H6 при T=20°C указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Механические свойства стали 07X16H6 при T=20°C

Сортамент	$s_B$	$s_T$	$d_5$	$y$	КСУ	Термообработка
-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	-
Пруток, ГОСТ 5949-75	1080	880	12	50	690	
Лист толстый, ГОСТ 7350-77	1180	390	15			Нормализация 1030 - 1050°C, охлаждение воздух.
Твердость 07X16H6, Поковки ГОСТ 25054-81					HV 10 <sup>-1</sup> = 341 - 415 МПа	

Стали аустенитно-мартенситного (переходного) класса имеют структуру аустенита и мартенсита, количество которых может меняться в широких пределах. После закалки структура сталей переходного класса в основном аустенитная. Однако этот аустенит неустойчив при охлаждении до отрицательных температур либо при пластической деформации, сравнительно легко превращается в мартенсит.

Металлографические исследования аустенитно-мартенситной микроструктуры указывают на достаточно однородное строение (рис. 2).

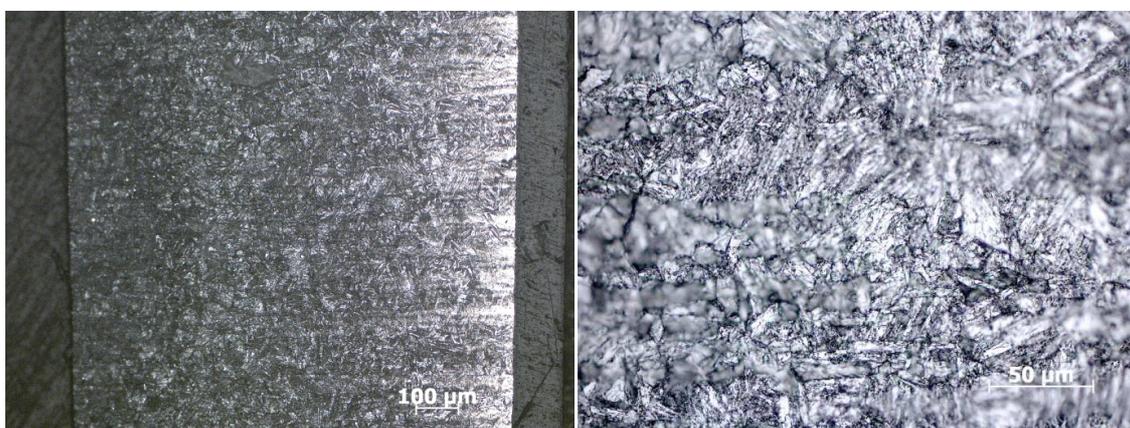


Рисунок 2 - Микроструктура стали 07X16H6 при различных увеличениях

Сталь 03X11H8M2Ф-ВД применяется для производства сортового полуфабрикатного проката (листов, полос, прутков) и поковок, применяемых для производства деталей в различных отраслях техники. Химический состав стали 03X11H8M2Ф-ВД указан в таблице 1.

Известно, что температуры закалки в интервале 800-1150°C и отпуска при 250-660°C оказывают существенное влияние на свойства стали 03X11H8M2Ф-ВД. Максимальные значения прочности (при содержании кремния до 0,41%), вязкости (при содержании титана до 0,15% и бора до 0,002%) получены при закалке от 950°C с охлаждением на воздухе, что связано с более полным развитием процессов рекристаллизации, устранением текстуры от предшествующей деформации.

Микроструктура после закалки от 800°C, 900°C, 950°C изменяется незначительно и представляет собой пакетный мартенсит без явно выраженной игольчатости. Повышение температуры закалки от 950°C до 1150°C приводит к снижению прочности, вязких свойств, структура имеет более крупные пакеты мартенсита, что связано с ростом зерен аустенита. Установлено, что при отпуске в интервале 250-480°C механические свойства изменяются незначительно, начиная с 480°C увеличиваются значения прочности с максимальным значением при 520°C и сближением значений пределов текучести и прочности в результате упрочнения (старения) интерметаллидной фазой Fe<sub>2</sub>Mo, а в плавках, содержащих до 0,15% титана, с выделением фазы Ni<sub>3</sub>Ti.

Значительное снижение прочности отмечается при температуре 660°C, что связано с коагуляцией упрочняющих фаз и образованием максимального количества аустенита. Резкое увеличение пластических и вязких свойств отмечается при температуре 580°C, что связано со стабилизацией аустенита; после охлаждения до минус 196°C количество аустенита не изменяется и остается на уровне 22%. После отпуска 480, 520, 600, 650°C аустенит незначительно теряет свою стабильность и распадается при охлаждении с уменьшением количества примерно на 5-7%. Микроструктура после отпуска 250-520°C изменяется незначительно и имеет характерную для МСС структуру пакетного мартенсита (рис. 3).

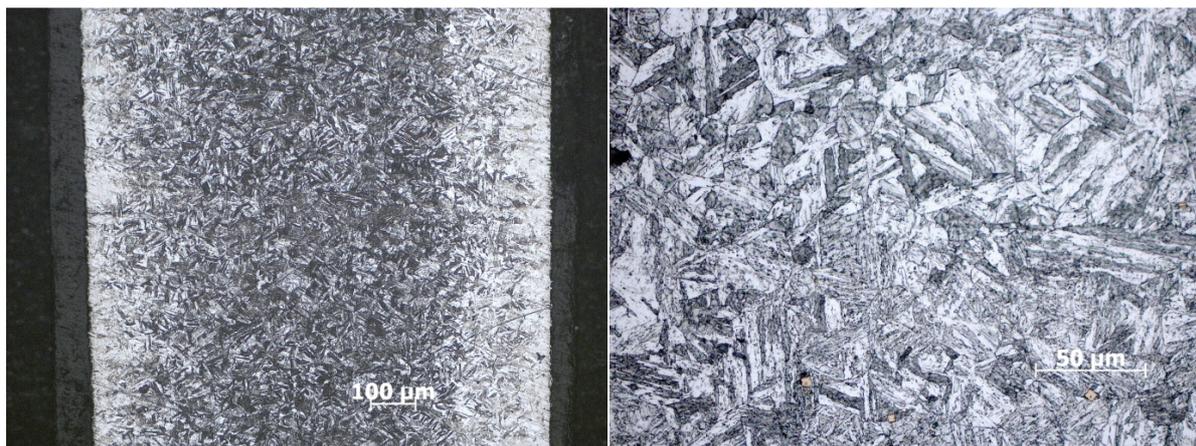


Рисунок 3 - Микроструктура стали 03X11N8M2Ф-ВД при различных увеличениях

Сталь 95X18 используется для изготовления втулок, осей, стержней, шариковых и роликовых подшипников и других деталей, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости и работающих при температуре до 500°C или подвергающихся действию умеренных агрессивных сред. Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.

Химический состав стали 95X18 по ГОСТ 5632-72 указан в таблице 1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Механические свойства стали 95X18

t отпуска, °C	HRC
Закалка 1050 °C, масло.	
150	58-63
200	57-61
300	54-58
400	55-58
500	50-53
600	39-42

Сталь имеет значительную карбидную неоднородность (рис. 4). Такое строение стали может существенно снизить предел выносливости, если в деталях возникают напряжения по определенным направлениям. Для повышения этого свойства необходимо выполнять горячую пластическую деформацию по специальной схеме.

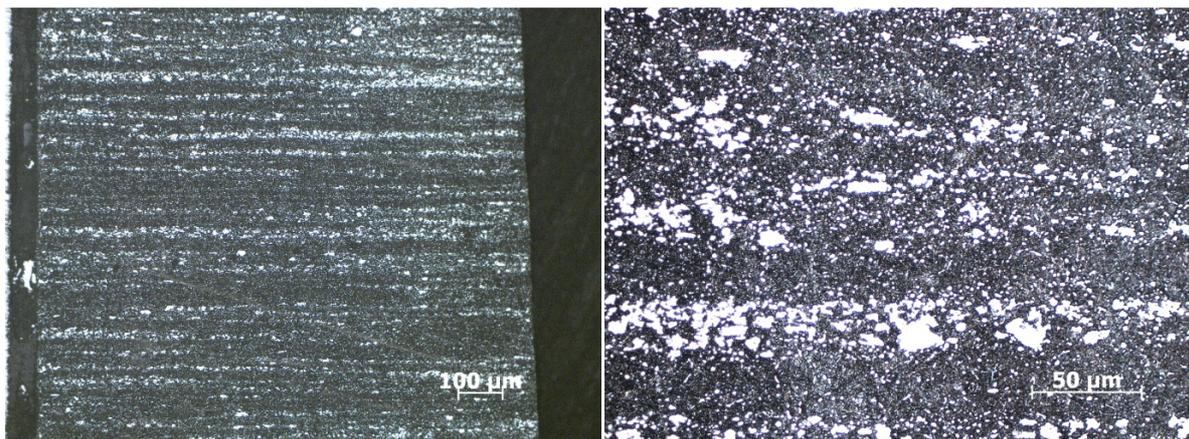


Рисунок 4 – Микроструктура стали 95X18-Ш при различных увеличениях

Микротвердость образцов до и после ионно-плазменной обработки остается практически неизменной (рис. 5).

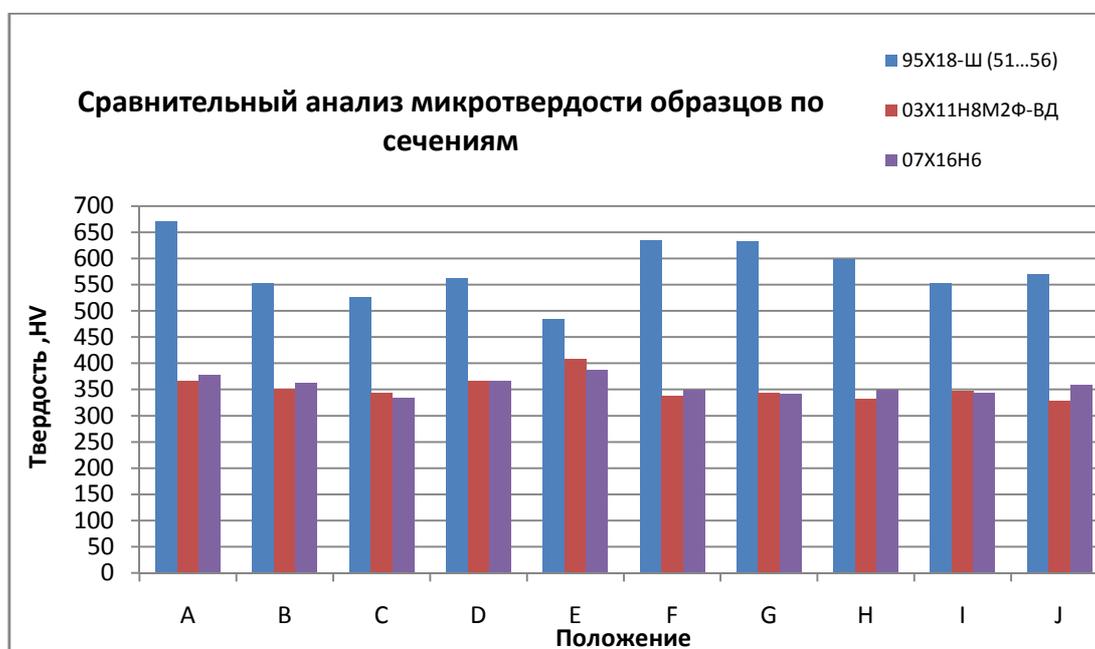


Рисунок 5 - Сравнительный анализ микротвердости образцов по сечениям

Показано, что ионно-плазменная обработка не оказывает заметного влияния на структуру и свойства образцов исследованных сталей.