

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ НЕУПРОЧНЕННЫХ И УПРОЧНЕННЫХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Пантелеенко А. Ф., Данилов А.А., Снарский А.А.
Белорусский национальный технический университет
alexei1895@gmail.com

Были проведены исследования износостойкости, поверхностей трения, ударной вязкости и изломов упрочненных и неупрочненных образцов из сталей У10, У12, Р6М5 [1-3].

Для испытаний были изготовлены образцы из стали 10Р6М5 и стали У10, У12, плазменное модифицирование которых было проведено на магнитоплазменный компрессоре компактной геометрии МПК-КГ (ГНУ «Институт тепло- и массообмена НАН Б»).

Трибологические испытания проводились на машине трения НИЛС-2. Методика предусматривает регистрацию изменения массы образцов через каждые 30 минут. Работа машины заключается в скольжении прижатых друг к другу плоскостей образцов и контртел. Одновременно проводилось испытание 2 образцов. Контртело – образец из стали 45 (тело вращения, подвергнутое закалке с низким отпускком). Испытания проводились при частоте оборотов 37 об/мин и силе нагружения 4,25 кг в условиях сухого трения скольжения. Время испытания от 30 мин до 180 мин.

Износ определялся путем взвешивания потерь массы образцов с помощью аналитических весов RADWAG AS 310/X. Взвешивание проводилось с точностью до 0,1 мг.

Результаты испытаний на износостойкость необработанных и модифицированных образцов из стали Р6М5 представлены на графиках (рисунок 1). Как четко видно из полученных данных износостойкость модифицированной стали Р6М5 возрастает в 2-2,5 раза. Вероятнее всего это можно объяснить образованием после плазменного модифицирования высокотвердых включений карбидов на основе W и Mo, что ведет к получению износостойкой структуры «мягкая матрица»-«твердые включения».

Результаты испытаний на износостойкость необработанных и модифицированных образцов из стали У10 представлены на графиках (рисунок 2).

В данном случае для модифицированной стали У10 четко прослеживается снижение износостойкости, так массовые потери образцов у модифицированных образцов выше, чем у немодифицированных. Вероятнее всего это явление можно объяснить коагуляцией цементитной сетки, которая присутствует у заэвтектоидных сталей, что ведет к существенному снижению износостойкости.

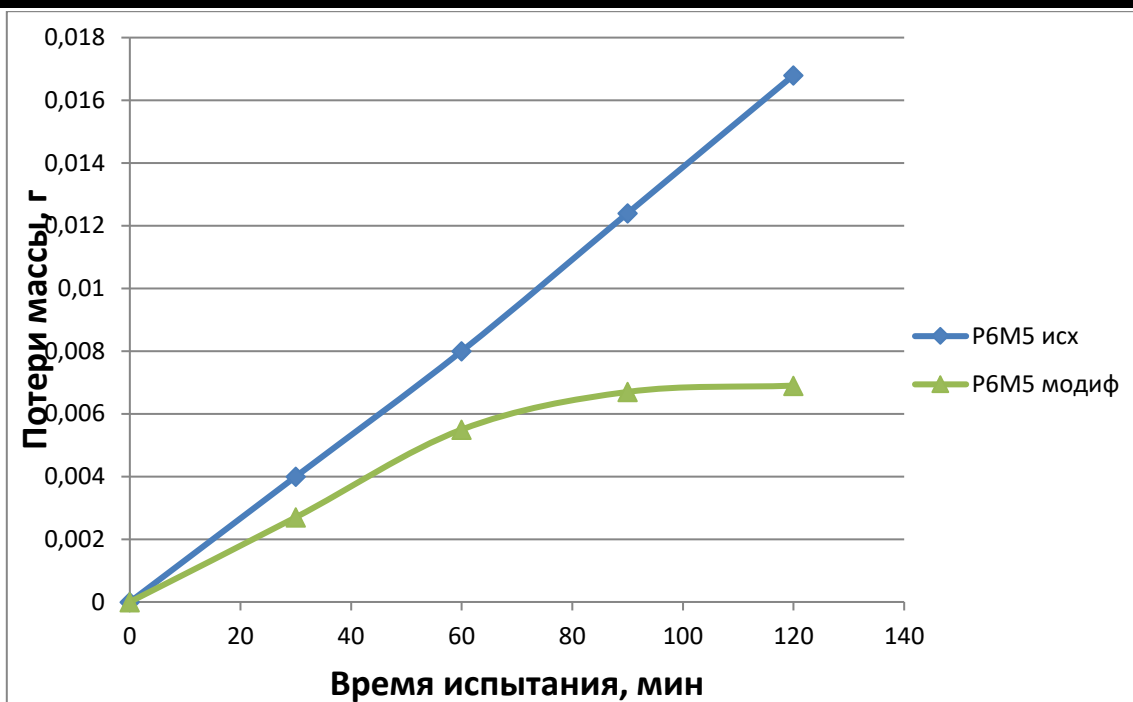


Рисунок 1 - Результаты испытаний на износостойкость немодефицированных и модифицированных образцов стали 10P6M5

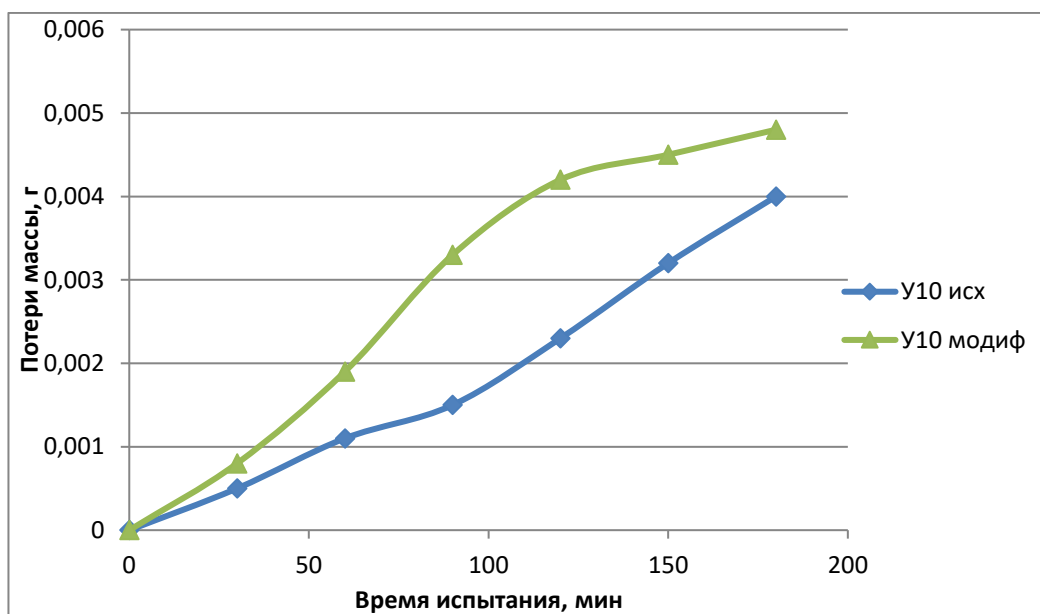


Рисунок 2 - Результаты испытаний на износостойкость немодефицированных и модифицированных образцов стали У10

Результаты испытаний на износостойкость необработанных и модифицированных образцов из стали У12 представлены на графиках (рисунок 3).

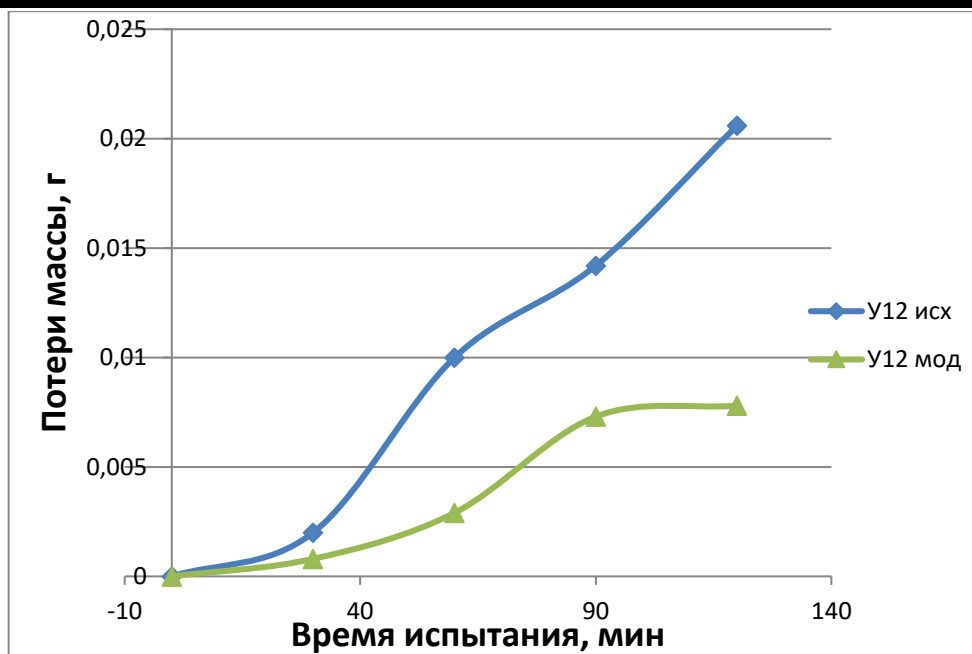


Рисунок 3 - Результаты испытаний на износостойкость немодифицированных и модифицированных образцов стали У12

Из полученных данных видно, что после плазменного модифицирования износостойкость повышается в 2,5-3 раза. Выход модифицированного образца на «устойчивый участок» после приработки можно объяснить, вероятнее всего получением сложного рельефа плазменно обработанных образцов.

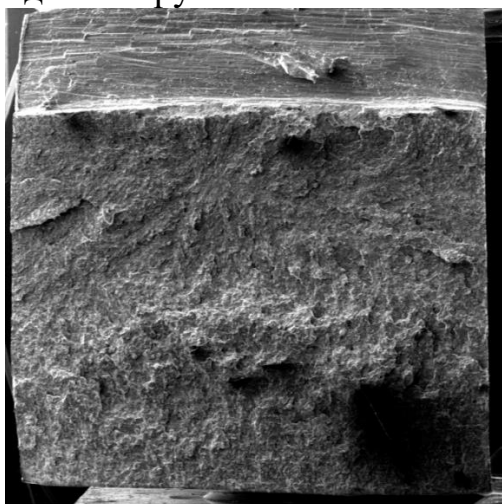
Также для всех трех сталей было проведено изучение ударной вязкости (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты испытания на ударную вязкость

Образцы, марка стали	Работа, затраченная на разрушение образцов, Дж
Образец из стали У10 без модифицирования	136
Образец из стали У10 после плазменного модифицирования	143
Образец из стали У12 без модифицирования	136
Образец из стали У12 после плазменного модифицирования	130
Образец из стали 10Р6М5 без модифицирования	130
Образец из стали 10Р6М5 после плазменного модифицирования	135

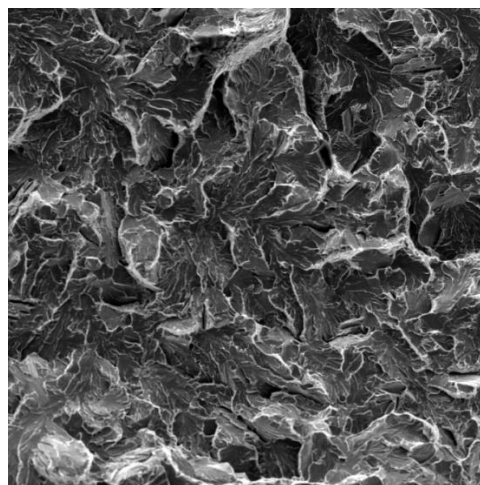
Структуры поверхностей излома образцов из сталей У10 и 10Р6М5 представлены на рисунках 4,5. При сравнении изломов немодифицированного и

модифицированных образцов (рисунок 4 а,б и 4 в,г) видно, что в обоих случаях наблюдается хрупкий излом.



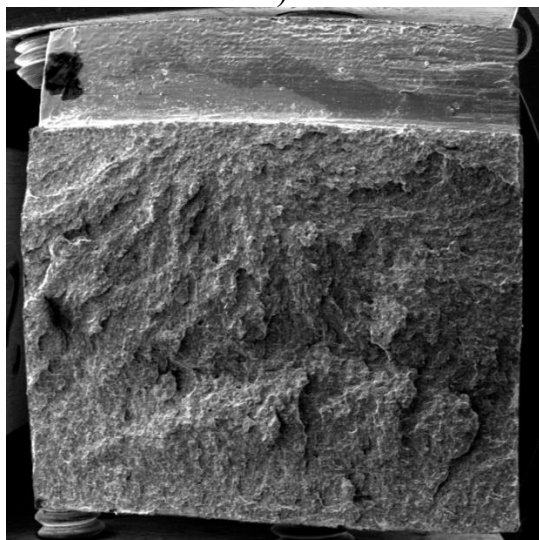
SEM HV: 20.00 kV WD: 26.0890 mm
View field: Det: SE Detector
SEM MAG: ---

а)



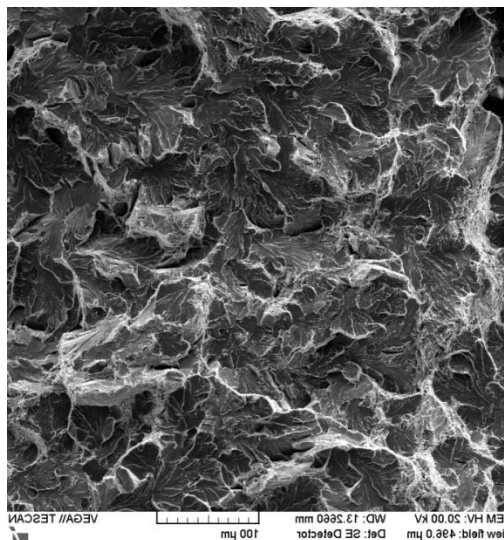
SEM HV: 20.00 kV WD: 14.5600 mm
View field: 496.0 µm Det: SE Detector
SEM MAG: 400 x

б)



SEM HV: 20.00 kV WD: 26.0890 mm
View field: Det: SE Detector
SEM MAG: ---

в)



SEM HV: 20.00 kV WD: 13.2660 mm
View field: 496.0 µm Det: SE Detector
SEM MAG: 400 x

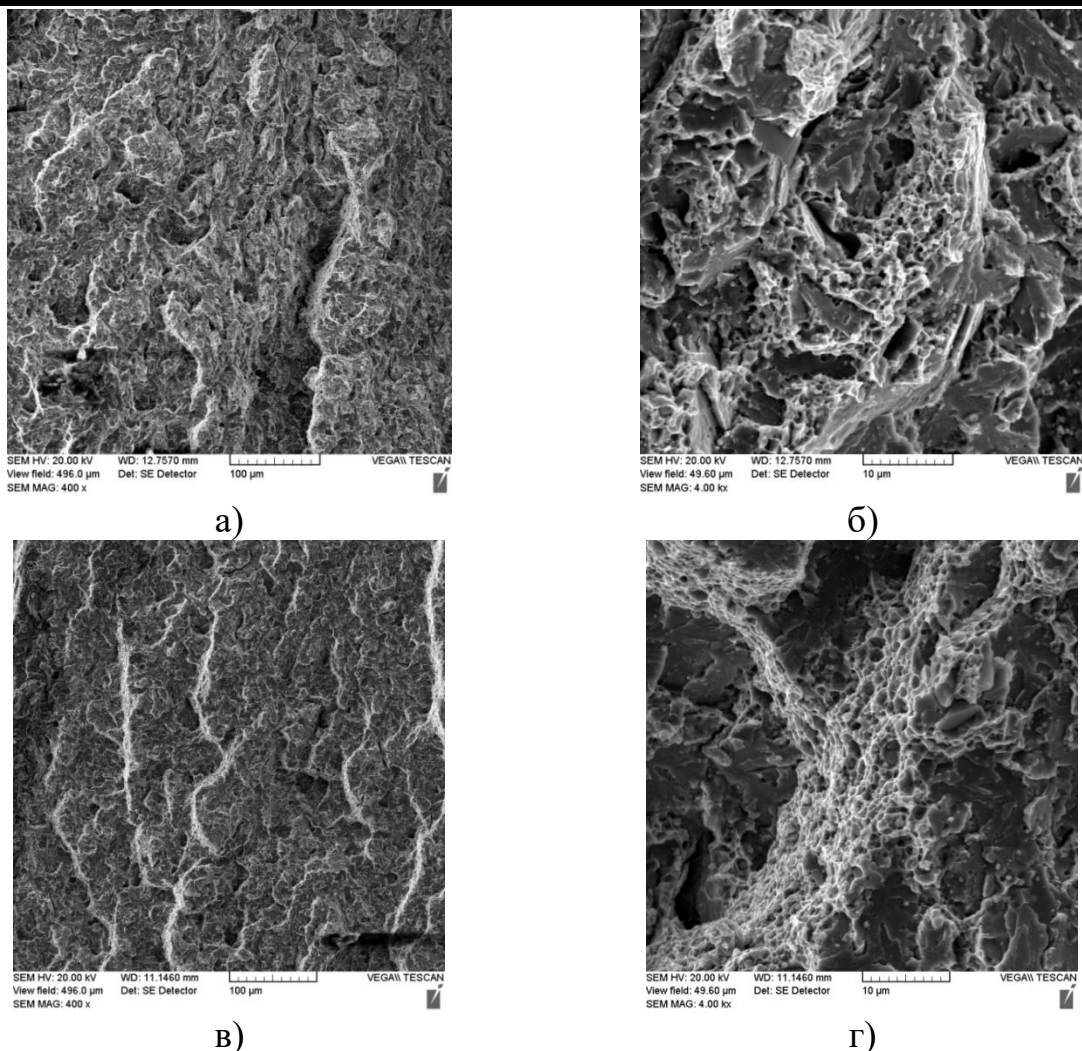
г)

а, б - образец из стали У10 без модифицирования;
 в, г - образец из стали У10 после плазменного модифицирования

Рисунок 4 – Структура излома образца из стали У10

Для стали 10P6M5 наблюдаются схожие процессы. Четко видно, что в плазменно-модифицированном образце на изломе наблюдается более мелкая структура (рисунок 5г).

Таким образом, можно сделать вывод, что плазменное модифицирование стали 10P6M5 ведет к увеличению износостойкости в условиях сухого трения скольжения и незначительному росту ударной вязкости.



а, б - образец из стали Р6М5 без модифицирования;
 в, г - образец из стали Р6М5 после плазменного модифицирования
Рисунок 5 – Структура излома образца из стали 10Р6М5

Для стали У10 также наблюдается рост ударной вязкости, однако износостойкость модифицированных образцов стали У10 снижается, что, вероятно, происходит из-за коагуляции цементитной сетки, которая присутствует у заэвтектоидных сталей.

Список использованной литературы:

1. Углов В.В., Черенда Н.Н., Анищик В.М., Асташинский В.М., Квасов Н.Т. Модификация материалов компрессионными плазменными потоками. Минск. БГУ, 2013. – 248 с.
2. Асташинский В.М., Углов В.В., Черенда Н.Н., Шиманский В.И. Структурно-фазовые состояния титана при воздействии компрессионными плазменными потоками. Минск. «Беларуская навука», 2016. – 180 с.
3. "Марочник сталей и сплавов". Под общ. ред. А.С.Зубченко. 2-е издание доп. и испр. М.: Машиностроение 2003г. 784 стр. с ил.