

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

*К. В. Протасевич, студент группы 10506120 ФММП БНТУ,  
научный руководитель – канд. техн. наук, доцент О. В. Дьяченко*

*Резюме – данная статья рассматривает процесс и результаты исследования износостойкости образцов из нержавеющей стали после лазерного легирования.*

*Resume – this article considers a process and result sresearches of the wear resistance of stainless steel samples after laser alloying.*

**Введение.** Ужесточение требований к структуре и свойствам поверхностных слоев стимулировало развитие новых методов их модифицирования различными видами технологической обработки. Кроме того, развитие науки о трении и изнашивании твердых тел показало, что во многих случаях в контакте трущихся тел наблюдается адаптация материалов этих тел к условиям трения за счет протекания гаммы физических и химических процессов, стимулируемых энергией, рассеиваемой в контакте при трении [1].

**Основная часть.** В данной работе ставилась цель изучить износостойкие свойства двух типов нержавеющей сталей при после лазерного легирования. Для этого использовались образцы стали ферритного класса типа 03X17 (Тн) и аустенитного класса типа 04X18Н8(Тл). Поверхностная обработка проводилась с помощью иттербиевого волоконного лазера с номинальной выходной мощностью 2 кВт. Скорость сканирования при этом составляла 2,5 м/мин, диаметр пятна фокусировки ~ 2,5 мм. В качестве легирующих материалов использовались порошки карбидов WC и W<sub>4</sub>C. Лазерное легирование осуществлялось в среде инертного газа при подаче аргона в зону фокусировки.

Анализ микроструктуры проводился с использованием оптического микроскопа «Neophot-2», измерения микротвердости – на микротвердометре ПМТ-3. Износостойкие испытания при сухом трении скольжения на оборудовании от компании ДУКОМ ЮНИТЕСТ-750 – универсальной настраиваемой платформе для трибомеханических испытаний и визуализации [2].

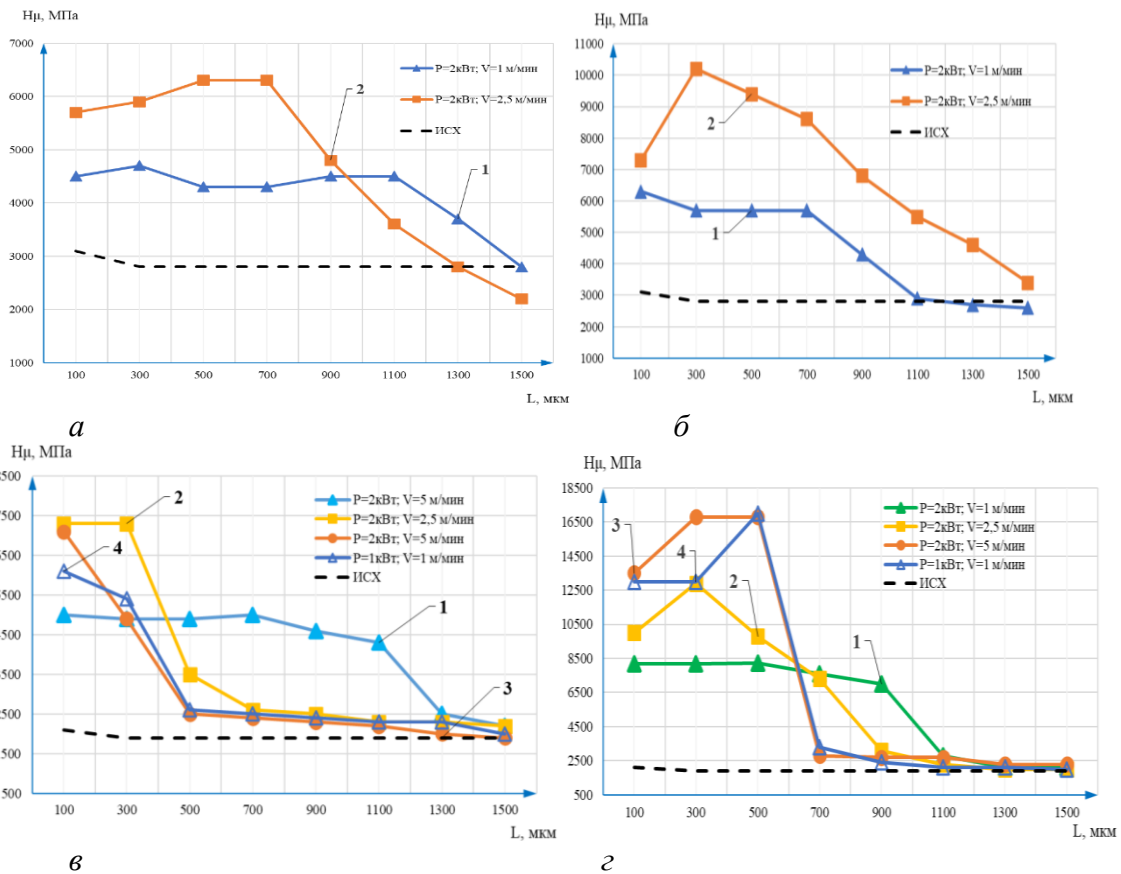


Рисунок 1 – Распределение микротвердости по глубине легированного слоя:  
 а – Тл + WC; б – Тл + В<sub>4</sub>С; в – Тн + WC; г – Тн + В<sub>4</sub>С

Отметим, что легирование образцов для изучения износостойкости проводилось при мощности 2 кВт и скорости сканирования 2,5 м/мин. Видно, что в этом случае микротвердость в легированном слое для WC на стали 04X18H8 (Тл) доходила до ~6000 МПа (53 HRC), для В<sub>4</sub>С – до ~9000 МПа (64 HRC), Для стали 03X17(Тн) соответственно: WC – до ~7500 МПа (59 HRC), В<sub>4</sub>С – до ~11000 МПа (70 HRC). В то же время без легирования, для режимов простого оплавления микротвердость в слоях составляла для обеих сталей 3000–4000 МПа (22–41 HRC) (рис. 1) [2].

На рис. 2 приведены типичные зависимости глубины износа для различных легированных образцов от времени.

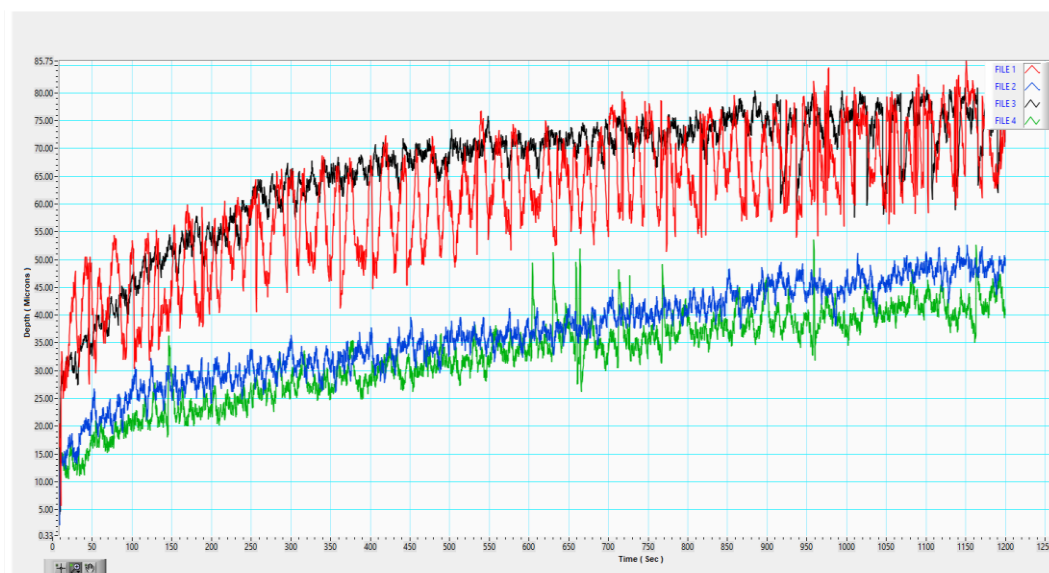


Рисунок 2 – Глубина износа легированных образцов нержавеющей стали при нагрузке 50 Н: Тл зел. – WC; син. –  $V_4C$ ; Тн кр. –  $V_4C$ ; черн. – WC

Результаты износостойких испытаний для различных образцов и условий испытаний сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Глубина износа образцов нержавеющей стали (усредненная/максимальная) при различной нагрузке на контртело для различных состояний поверхности

Образец	Исходный (мкм)			Лазерное упрочнение (мкм)		Лазерное легирование, легир. порошок, (мкм)	
	10 Н	50 Н	200 Н	50 Н	200 Н	50 Н	200 Н
03X17(Тн)	7	30,4/37	94/122	45,1/45	52/52	$V_4C$ 60,5/70	$V_4C$ 90/95
						WC 65,6/75	WC 125/145
04X18Н8(Тл)	8	26,8/28	65/75	35,9/39	28/32,5	$V_4C$ 36,6/50	$V_4C$ 40/42
						WC 32,5/42	WC 60/70

**Заключение.** С увеличением нагрузки глубина износа возрастает, при этом при нагрузке 200 Н весьма существенно. Легирование  $V_4C$  обеих сталей приводит к снижению износа.

В случае просто лазерного оплавления при сильных нагрузках наблюдается ямочный износ. В случае легирования наблюдаются линии скольжения и износ происходит за счет постепенного срезания легированных структур.

Но в случаях легирования с созданием слоев с твердостью 60 HRC и выше будет фиксироваться суммарный износ трущейся пары: шарик с твердостью 50 HRC и легированная поверхность нержавеющей стали со значительно большей твердостью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Астапчик, С. А. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке / С. А. Астапчик, В. С. Голубев, А. Г. Маклаков [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2008. – 252 с.
2. Грант министерства образования Республики Беларусь «Повышение эксплуатационных характеристик изделий из нержавеющей стали лазерным легированием» Номер государственной регистрации. 20230613, шифр 11-48/318, 15.02.2023 – 29.12.2023 / Научный руководитель к. т. н., доцент, Дьяченко О. В.

УДК 726.5

### ПРИМЕНЕНИЕ 3D ПРИНТЕРОВ В МЕДИЦИНЕ

*С. С. Смычник, студент группы 10505123 ФММП БНТУ,  
научный руководитель – преподаватель А. А. Третьякова*

*Резюме – в статье рассматривается применение 3D принтеров в медицине, а также достижения и перспективы данного оборудования.*

*Resume – the article discusses the use of 3D-printers in medicine, as well as the achievements and prospects of this equipment.*

**Введение.** Предпосылок использования 3D-печати в медицине достаточно много. Главное причиной является то, что 3D-технология достаточно дорогостоящая услуга, но жизнь и здоровье человека также является ценностью. Еще одна немало важно причина – не существует идентичных людей, даже одинакового отпечатка получить невозможно. Учитывая то, что для человека можно сделать индивидуальный протез, и является значительным фактором в использовании этой технологии для медицины. Нельзя забывать, что организм человека – сложная система, именно поэтому прогресс печати, в этой сфере, движется медленно. В этой статье будут приведены наглядные примеры применения 3D-печати в медицинской сфере и перспективы [1].

**Основная часть.** Использование 3D-принтеров становится все более популярным и востребованным в современной медицине. Эта технология позволяет создавать высокоточные и детализированные объекты на основе цифровых моделей. 3D-печать также называют аддитивной технологией, что означает создание трехмерных объектов путем послойного добавления какого-либо материала. Как и каждая технология она имеет преимущество. Одно из самого главного это скорость в производстве. Также, если использовать традиционный способ, велик риск на бракованное изделие. При использовании аддитивного метода, если деталь не получилась, ее можно превратить в порошок и использовать повторно. Чарльз Халл в 1983-м году сконструировал первый 3D-принтер, благодаря которому и стала развиваться аддитивная технология [2].