

МОДЕЛ НА УЯКЧАВАНЕТО ПРИ УДАРНО-АБРАЗИВНО ИЗНОСВАНЕ НА НАВАРЕНИ МАТЕРИАЛИ НА ЖЕЛЯЗНА ОСНОВА

Емил Х. Янков¹, Николай Тончев², Мохамад Реза Канзадех³, Александър Монов²
eyankov@uni-ruse.bg, tontchev@gmail.com, a_monov@abv.bg,

¹ Русенски университет „Ангел Кънчев“, БЪЛГАРИЯ

² Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ – София, БЪЛГАРИЯ

³ Азад Университет, Техеран, ИРАН

Ключови думи: ударно-абразивно износване, наваряване, уякчаване, числени подходи.

Резюме: В публикацията са поместени резултати, за уякчаването в условията на удар между стандартно наварен и изпитван образец, реализиран при наличие на слой от незакрепени абразивни частици в зоната на контакт. Тя дава представа за спецификата на уякчаване, в зависимост от силата на удара и едрината на абразива, при различни твърдоти, постигнати чрез наваряване със сплави с различен въглероден еквивалент. Съставена и е решена многокритериална задача, решенията на която дава оптимални условия за електрод, гарантиращ минимално износване и максимално уякчаване.

1. УВОД

Механизмът и основните закономерности при ударно-абразивното износване се определят от редица фактори, основните от които са енергия на удара и твърдост на работещите части и едрината на абразивния прах. Този вид износване е въведено и подробно изследвано по-късно от руските учени В.Н. Виноградов и Г.М.Сорокин [1]. При общата оценка на ударно-абразивното износване, следва да се отчете уякчаването на слоя, което в повечето случаи действа благоприятно при работата на инструментите. Изследванията на уякчаването на различни наварени слоеве е възможно да определи условия, предотвратяващи появата на крехки пукнатини, тяхното развитие и последващо сливане с други такива, които понижават износоустойчивостта на метала при удар. Създаването на инженерни методики за изчисляване интензивността при ударно-абразивно износване е важна необходимост, свързана както с зависимостите на износването от физико-механичните свойства, така и с якостните характеристики и микро-геометрията на изпитваната повърхност. В процеса на работа за подобряване на съществуващ стенд [2], в рамките на отделен проект (№ 1242/11, финансиран от ВТУ „Тодор Каблешков“) изцяло беше променена конструкцията и механиката на движение при провеждане на опитите, а така също беше внедрено и съвременно електронно управление разширяващо диапазона на видовете изпитвани материали.

Новото решение на стенда имитира процес на износване, който се проявява след пряк удар на изпитваното тяло и еталонен образец, при непосредствен контакт със свободно падащи под формата на пясъчна маса абразивни частици. Последващата пластичната деформация е нееднородна и се локализира в отделни микро обеми. При удара част от енергията, а понякога и цялата енергия, се поглъща от метала. Тя отива за деформационно уякчаване, което като общо свойство на метала се проявява като съпротивление срещу последващо деформиране. Изучаването на уякчаването представлява интерес заради изменения на микроструктурата на материала.

Целта на настоящото съобщение е да обобщи резултатите от експериментално изследване, което е свързано с основните фактори на изпитване при новосъздаденият стенд, като приложи методика [3], изясняваща ролята на уякчаването в процеса на ударно – абразивно износване на наварени слоеве с различни електродни материали.

2. ДЕФИНИРАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ПАСИВЕН ПЛАНИРАН ЕКСПЕРИМЕНТ.

В Университет Азад в Иран с три вида електроди с химичен състав, посочен в табл.1, бяха наварени 30 броя стандартизирани проби при спазване на едни и същи технологични условия. На фиг.1 е показан общият вид на обработените наварени образци.



Фиг. 1. Общ вид наварените проби

Таблица 1 Химичен състав на електродите с които е осъществено наваряването

Електрод	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	W	C _{ekv}
1105	0,9	0,5	0,5	4,2	8,5	0,9	1,1	3,305
1600	0,5	0,3	0,4	7	0,5	0,5		1,640
1622	0,2	0,4	0,5	2,8				1,440

В [4] е установена връзката между загубата на маса /LW/ и четирите параметъра на експерименталното изпитване:

- твърдост на покритието /HRC/;
- енергия на удара /PI/
- едрина на абразивният материал/GS/
- въглероден еквивалент /C_{ekv}/ на материалът за наваряване.

Организирано-планираното изменение на параметрите в това изследване доказаха твърденията:

- Голямата загубата на маса се наблюдава при малки стойности на твърдостта и големи значения на енергията на удара.
- По-голяма стойност на износване, се наблюдава при по-голяма едрина на абразива.

В табл. 2. са представена комбинациите от изследваните експериментални управляващи фактори и значенията на съответстващите им определени стойности за загуба на маса, твърдостта след УАИ и процента на изменение на уякчаването. Регресионният модел е изведен за кодирани стойности на променливите.

Таблица 2 Връзка между управляващи фактори и изследваният фактор

№	X ₁ (HRC)	X ₂ (PI)	X ₃ (GS)	X ₄ (C _{ekv})	LW [g 10 ⁻⁴]	HRC след УАИ	%Δ HRC
1.	0.543	-1	-1	1	13	58,8	12,21
2.	0.850	-1	-1	-0.786	9	57,3	0,70
3.	-0.734	-1	-1	-1	23	42,54	26,23
4.	0.509	-1	-0.137	1	22	66,16	27,48
5.	0.372	-1	-0.137	-0.786	21	64,44	29,14
6.	-0.454	-1	-0.137	-1	25	38	0,53
7.	0.549	-1	1	1	101	62,16	18,40
8.	0.522	-1	1	-0.786	114	65,64	25,99
9.	-0.713	-1	1	-1	100	47,3	39,12
10.	0.563	0	-1	1	18	62,02	17,69
11.	0.468	0	-1	-0.786	16	65,98	28,62
12.	-0.993	0	-1	-1	27	45,1	50,84
13.	0.672	0	-0.137	1	49	60,98	12,30
14.	0.843	0	-0.137	1	48	62,56	10,14
15.	0.358	0	-0.137	-0.786	55	57,9	16,50
16.	0.556	0	-0.137	-0.786	59	60,76	15,51
17.	-0.679	0	-0.137	-1	97	44,0	27,54
18.	-0.904	0	-0.137	-1	125	45,0	44,23
19.	0.515	0	1	1	258	60,8	16,92
20.	0.256	0	1	-0.786	260	59,86	24,19
21.	-0.700	0	1	-1	255	36,28	6,08
22.	1	1	-1	1	48	65,52	10,86
23.	0.052	1	-1	-0.786	35	66,46	27,81
24.	-0.973	1	-1	-1	64	41,62	37,81
25.	0.529	1	-0.137	1	156	54,2	3,83
26.	0.420	1	-0.137	-0.786	106	65,98	30,40
27.	-0.474	1	-0.137	-1	125	43,72	16,59
28.	0.884	1	1	1	418	65,0	13,24
29.	0.427	1	1	-0.786	403	60,98	20,28
30.	-1	1	1	-1	510	33,74	13,22

Ключът за превръщане на кодирани стойности в нормирани е поместен в табл. 3, като е посочен и диапазона на изменение на управляващите параметри.

Таблица 3 Диапазон на изменение на управляващите фактори

Фактори	Нива на вариране на управляващите фактори		
	Код [-1]	Код [0]	Код [1]
X1 (HRC) ,[/]	29,80	44,45	59,10
X2 (PI) ,[J/sm ²]	0,48	1,30	2,12
X3 (GS) ,[mm]	0,196	0,728	1,26
X4 (C _{ekv}) ,[/]	1,44	2,372	3,305

В резултат от приложена стандартизирана процедура [5,6] при задаване на експериментална база от табл.2, е определен регресионен модел за загубата на маса и процента на уякчаването в зависимост от определените по-горе управляващи фактори, коефициентите на който са посочени в табл. 4.

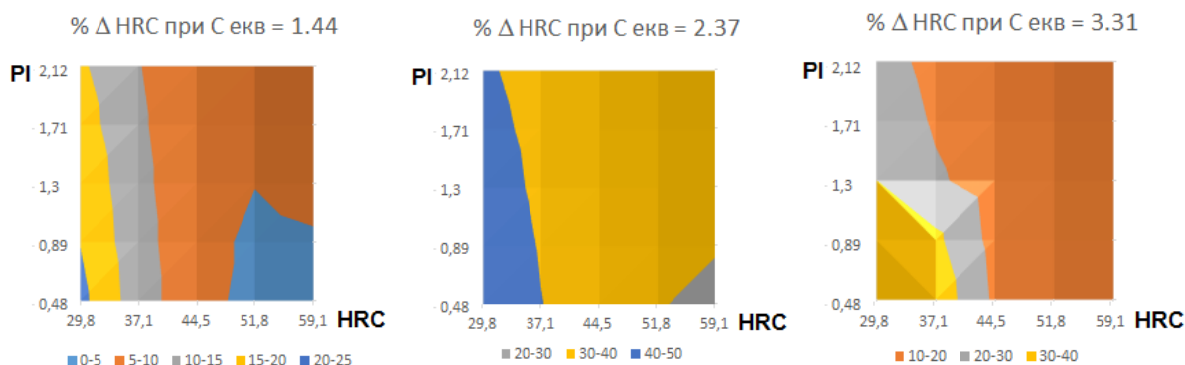
Таблица 4 Коефициенти на модела и неговите проверки за адекватност

	За загубата на маса	За уякчаването
b(00)=	272.775	103.911
X ₁	-62.5362	-32.8925
X ₂	85.2068	-6.22308
X ₃	122.241	-1.85656
X ₄	36.4447	18.5948
X ₁ ²	8.93410	24.5241
X ₁ X ₂	-17.6384	11.3752
X ₁ X ₃	-15.7202	7.27488
X ₁ X ₄	33.6166	-5.52689
X ₂ ²	16.6244	-.652608
X ₂ X ₃	77.1357	-5.62072
X ₂ X ₄	12.9030	-6.46953
X ₃ ²	49.7648	-2.41272
X ₃ X ₄	4.68954	-1.38608
X ₄ ²	-213.794	-93.1205
	R = 0.9933	R= 0.8596
	79.1201>2.4274 (a=0.05;14;15)	3.0328>2.4274 (a=0.05;14;15)

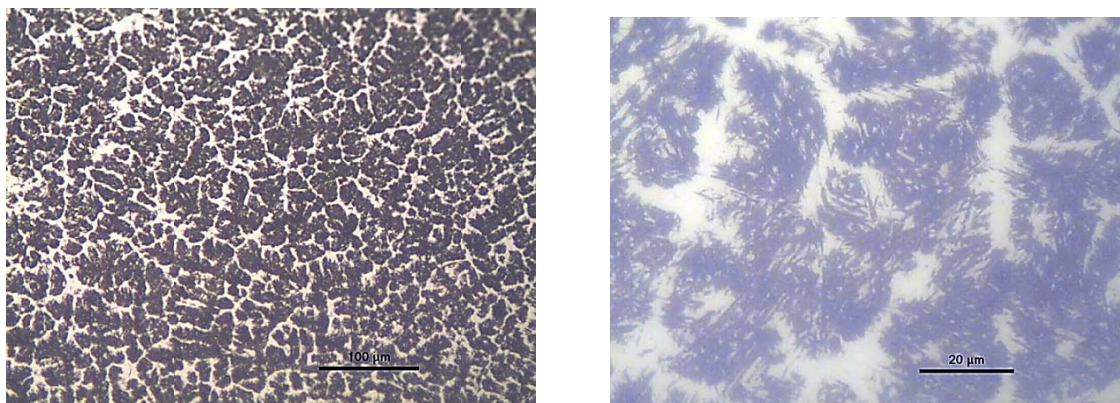
Оценката на качеството на апроксимационните модели е извършена въз основа коефициента на регресия R и F-критерия на Фишер между фактически наблюдаваните експериментални и моделираните стойности на резултантните величини. Стойностите от тези проверки са поместени в последните два реда на табл. 4.

3. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ.

Анализът на модела за уякчаването показва, че то е по-силно изразено при начални по-малки твърдост на наварения слой. То силно се влияе от структурата на наварения метал и най-уякчени са слоевете при използването на електрод 1600. Това се наблюдава при приг.2.



Фиг.2 Зависимост на уякчаването при УАИ от изменението на твърдостта и енергията на удара и въглеродния еквивалент



Фиг. 3. Микроструктура на наварен образец с електрод 1600

На фиг.3 е показана микроструктурата на изследван образец с електрод 1600. Тя има дендритен характер, и представлява мартензит и карбид в междудендритните пространства. Наварените образци с електроди 1105 и 1600 имат също сходни дендритни микроструктури, но включените легиращи елементи при тях създават различни условия на износване и уякчаване. В [4] беше доказано, че най-голямо износване се среща при покритие с електрода 1600, който формира C_{ekv} близък до 2.37. Това противоречие между на-голямо износване и уякчаване на този електрод предизвиква решаването на многокритериална задача. Поставянето на нейната цел е свързано с определянето на входни параметри на изпитване при УАИ, които да гарантират минимална загуба на маса и максимално уякчаване. В табл. 5. са представени решенията на тази задача. Тези стойности на управляващите процеса на УАИ параметри, гарантират уякчаване по-голямо от 35 % и износване по-малко от 30%.

Табл. 5. Многокритериални решения за минимално износване и максимално уякчаване

РЕШЕНИЕ ПАРАМЕТЪР	1.	2.	3.	4.	5.	6.
X1 (HRC) ,[/]	29,8	29,8	44,45	59,1	59,1	51,27
X2 (PI),[J/sm ²]	0,48	0,89	1,3	1,71	2,12	0,48
X3 (GS) ,[mm]	0,196	0,728	0,196	0,462	0,196	0,994
X4 (C_{ekv}) ,[/]	3.305	3.305	2.372	2.372	2.372	2.372

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В публикацията е проведен планиран експеримент с четири фактора на изменение по време на изпитанията - твърдост на покритието, енергия на удара, едрина на абразивният материал и въглероден еквивалент на материала за наваряване. В резултат на обширната експериментална база данни от изследването, са направени заключения за влиянието на различни фактори, върху загубата на маса и уякчаването. Анализът е подкрепен с металографско изследване на различните групи наварен метал.

Благодарност: Статията отразява резултати от работата по проект № 16 – МТФ – 02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Виноградов В.Н., Г.М. Сорокин, Изнашивание при ударе, Машиностроение, М. 1982
- [2] ГОСТ 23.207-79 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний машиностроительных материалов на ударно-абразивное изнашивание.
- [3] Tontchev N. Materials Science, Effective solution AP “Lambert” 2014.
- [4] Монов А., Н. Тончев, М.Канзадех, Р. Лазарова, И. Любомиров, Ударно-абразивно износване на наварени материали на желязнаоснова, АЖ “МТС” 2016, /под печат/
- [5] Вучков И., Програмна система за статистическо моделиране и оптимизиране на многофакторни обекти, Техника, 1984 г.
- [6] Вучков И., С. Стоянов, Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти, Техника, 1980 г.

MODEL STRENGTHENING IN IMPACT-ABRASION OF MATERIALS WELDED IRON BASE

Emil Yankov¹, Nikolay Tonchev², Mohammad Reza Kanzadeh³, Aleksandar Monov²
eyankov@uni-ruse.bg, tontchev@gmail.com, a_monov@abv.bg

¹ *University of Rouse*, ² *Todor Kableshkov University of Transport – Sofia, BULGARIA*
² *Azad University - Tehran, IRAN*

Key words: *Materials Science, Impact-Abrasion test, Numerical approaches.*

Abstract: *The publication featured performance wear in a strike between standard weld test sample and realized if there is a layer of loose abrasive particles in the contact area. It gives an idea about the specifics of this type of wear, depending on the force of impact and size of the abrasive in different hardness achieved by welding of alloys with different carbon equivalent. Based on the experimental study has been shown to impact, abrasion has its own specific features, which are expressed by the respective graphical dependencies*