Механика Транспорт Комуникации

Научно списание http://www.mtc-aj.com

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 14, брой 3/1, 2016 г.
статия № 1328

УДАРНО-АБРАЗИВНО ИЗНОСВАНЕ НА НАВАРЕНИ МАТЕРИАЛИ НА ЖЕЛЯЗНА ОСНОВА

Александър Монов[1], Николай Тончев[1], Мохамад Реза Канзадех[2], Румяна Лазарова[3], Илиян Любомиров[1]
a_monov@abv.bg, tontchev@gmail.com

[1]Висше Транспортно Училище „Тодор Каблешков“ – София,
[2] Азад Университет, Техеран, Иран,
[3] Институт по Металознание ИМСТЦХА – БАН
БЪЛГАРИЯ

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

Резюме:*В публикацията са поместени резултати, за износването 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 този вид износване, в зависимост от силата на удара и едрината на абразива, при различни твърдости, постигнати чрез наваряване със сплави с различен въглероден еквивалент. На основата на експериментално изследване е доказано, че ударно-абразивното износване има свои специфични особености, които са изразени чрез съответните графични зависимости.*

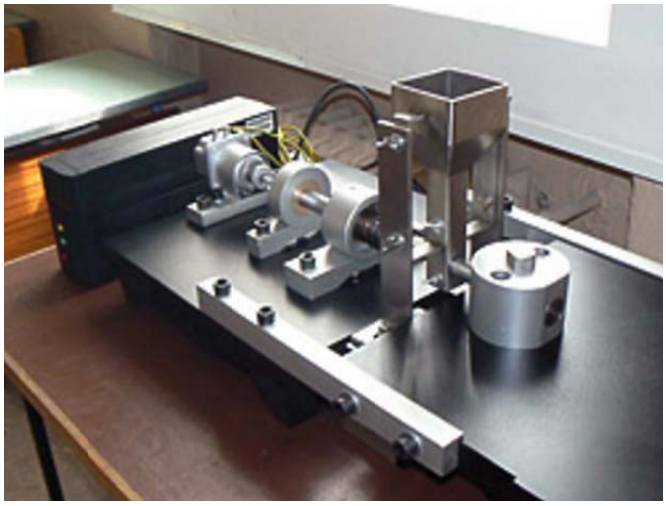
1. УВОД

В известните класификации на видовете износвания в трибологията до 1980 г. , комбинираното „ударно-абразивно“, на практика не се споменава като разновидност. 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 сложният му и комплексен анализ, който трябва да се направи. То най-често се среща в миннодобивната промишленост както и в процеси от машиностроенето и подобно надругите износвания, е основна причина за снижаване дълготрайността на работещите инструменти. 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 абразивния прах. Тези фактори формират взаимодействието на абразивните частици с повърхността при удара, а тяхната свързаност оказва влияние на механизма и интензивността при загубата на маса. Анализът на ударно-абразивното износване, от позицията на материалознанието и съвременните представи за якостта на металите, дава основание да се установи, че при закалените стоманени образци и уякчените наварени слоеве, твърдостта невинаги се отнася еднозначно към загубата на маса, както това се наблюдава при абразивното износване чрез плъзгане. Актуалността на изследването се подсилва и от факта, че отчитайки различията в трибологичните методите на изследване, не може да се прави аналогия между ударно-абразивното износване и методите на износване при плъзгане.

Прякото динамично внедряване на твърдите абразивни частици в повърхността на контакта, създава благоприятни условия за зараждането на пукнатини в челната метална повърхност, които лесно се обединяват с други подобни при проникване на съседни зърна.

В тези условия най-отрицателно се явява влиянието на нееднородните свойства на повърхностния слой, както и присъствието на крехки фази и местни уякчени слоеве. Тези фактори водят до появата на крехки пукнатини, тяхното развитие и последващо сливане с други такива, които понижават износоустойчивостта на метала при удар.

Създаването на инженерни методи 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 (фиг.1), а така също беше внедрено исъвременно електронно управление разширяващо диапазона на видовете изпитвани материали.



Фиг.1 Общ вид на стенд за ударно-абразивно износване

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 от утвърден стандарт [2].

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.2е показан общият вид на необработените (а) и обработени (б) образци.

а) необработени

б) обработени

Фиг. 2. Общ вид наварените проби

Таблица 1 Химичен състав на електродите с които е осъществено наваряването

Електрод	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	W	$C_{екv}$
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

Най-съществената задача на този раздел е да се установи възможността за намиране на евентуална връзка 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.

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

Таблица2 Връзка между управляващи фактори и изследваният фактор

№	X_1 (HRC)	X_2 (PI)	X_3 (GS)	X_4 (C_{ekv})	LW [g 10^{-4}]
1.	0.543	-1	-1	1	13
2.	0.850	-1	-1	-0.786	9
3.	-0.734	-1	-1	-1	23
4.	0.509	-1	-0.137	1	22
5.	0.372	-1	-0.137	-0.786	21
6.	-0.454	-1	-0.137	-1	25
7.	0.549	-1	1	1	101
8.	0.522	-1	1	-0.786	114
9.	-0.713	-1	1	-1	100
10.	0.563	0	-1	1	18
11.	0.468	0	-1	-0.786	16
12.	-0.993	0	-1	-1	27
13.	0.672	0	-0.137	1	49

14.	0.843	0	-0.137	1	48
15.	0.358	0	-0.137	-0.786	55
16.	0.556	0	-0.137	-0.786	59
17.	-0.679	0	-0.137	-1	97
18.	-0.904	0	-0.137	-1	125
19.	0.515	0	1	1	258
20.	0.256	0	1	-0.786	260
21.	-0.700	0	1	-1	255
22.	1	1	-1	1	48
23.	0.052	1	-1	-0.786	35
24.	-0.973	1	-1	-1	64
25.	0.529	1	-0.137	1	156
26.	0.420	1	-0.137	-0.786	106
27.	-0.474	1	-0.137	-1	125
28.	0.884	1	1	1	418
29.	0.427	1	1	-0.786	403
30.	-1	1	1	-1	510

Ключът за превръщане на кодираните стойности в нормирани е поместен в табл. 3, като е посочен и диапазона на изменение на управляващите процеса 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 в зависимост от определените по-горе управляващи фактори, коефициентите на който са посочени в табл. 4.

Таблица4 Коефициенти на модела и неговите проверки за адекватност

	Model
b(00)=	272.775
X_1	-62.5362
X_2	85.2068
X_3	122.241
X_4	36.4447
X_1^2	8.93410
X_1X_2	-17.6384
X_1X_3	-15.7202
X_1X_4	33.6166
X_2^2	16.6244

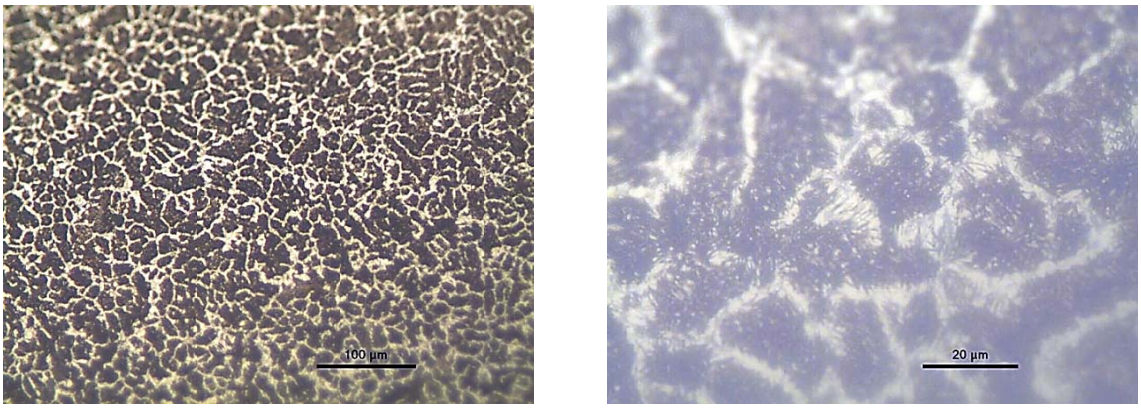
X_2X_3	77.1357
X_2X_4	12.9030
X_3^2	49.7648
X_3X_4	4.68954
X_4^2	-213.794
	R =0.9933
	79.1201>2.4274 (a=0.05;14;15)

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.

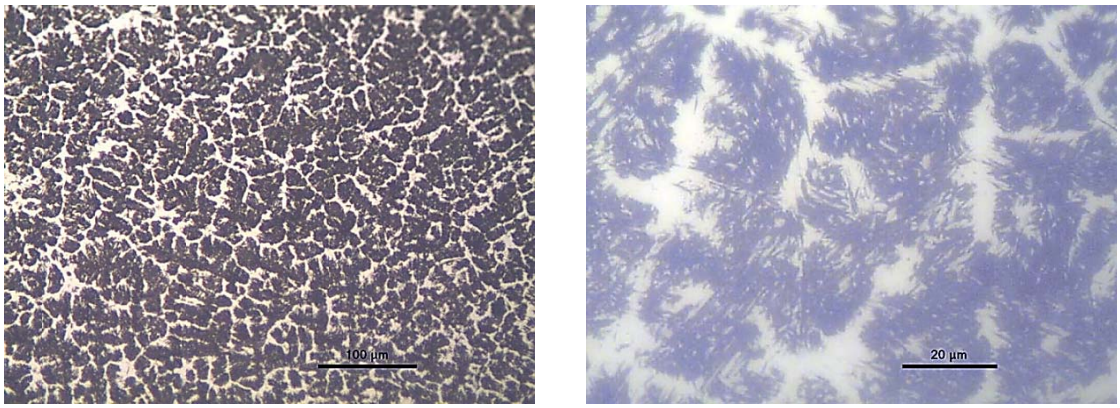
Анализът е подкрепен с металографско изследване на проба от всяка група. Образците са подготвени за изследване с мокро шлифоване на шкурки със силициев карбид (№ 280, 400, 600 и 1200), а след това механично полирани с диамантена паста. Проявени са с 4% разтвор на азотна киселина в етилов алкохол при стайна температура. Микроструктурата е наблюдавана с металографски микроскоп PolyvarMet при увеличения до 1000х.

3. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ.

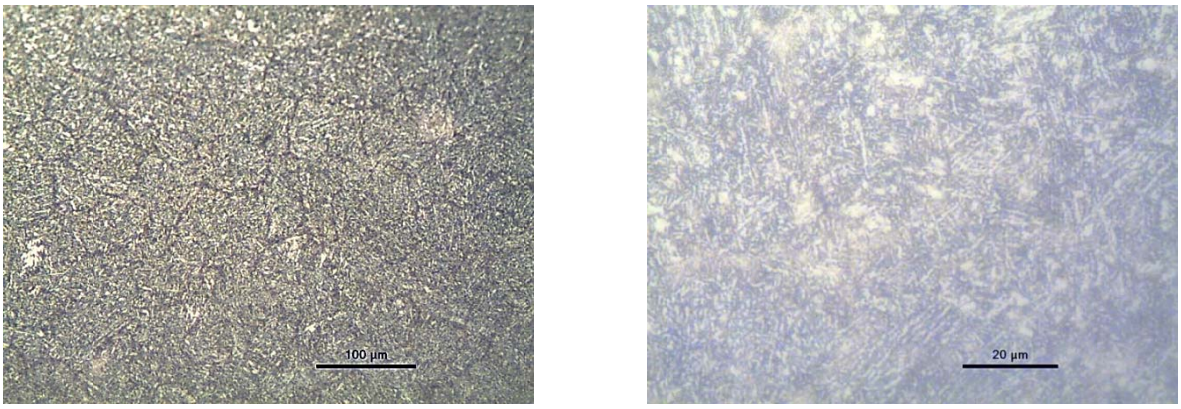
На фиг. 3 са показани микроструктурите на изследваните образци, където се наблюдават сходни дендритни микроструктури на проби , наварени с електродни материали 1105 и 1600. Те представляват мартензит и карбид в междудендритните пространства. Микроструктурата на образеца, наварен с електрод 1622 е клетъчна, с бейнит разположен в обема на клетките.



Наваряване с електрод 1105



Наваряване с електрод 1600

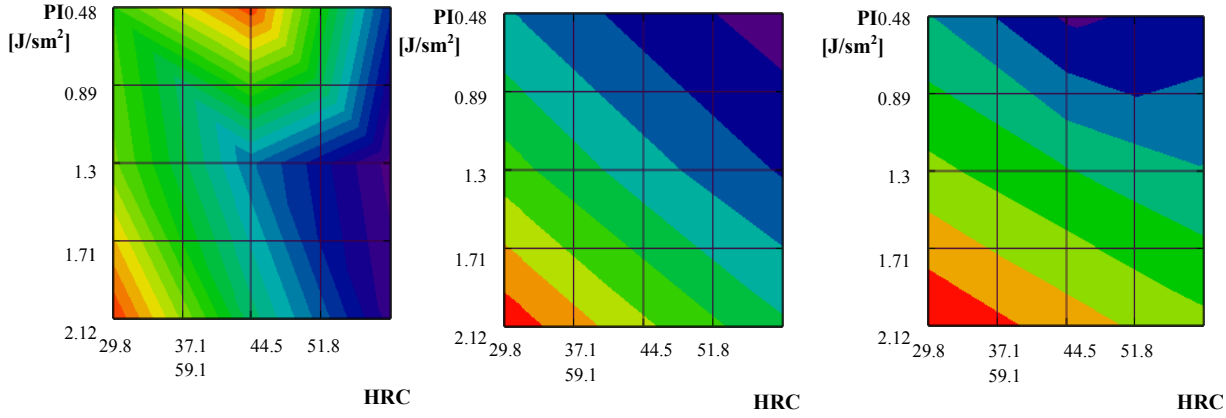


Наваряване с електрод 1622

Фиг. 3 Микроструктура на изследваните образци, наварени с различни електроди

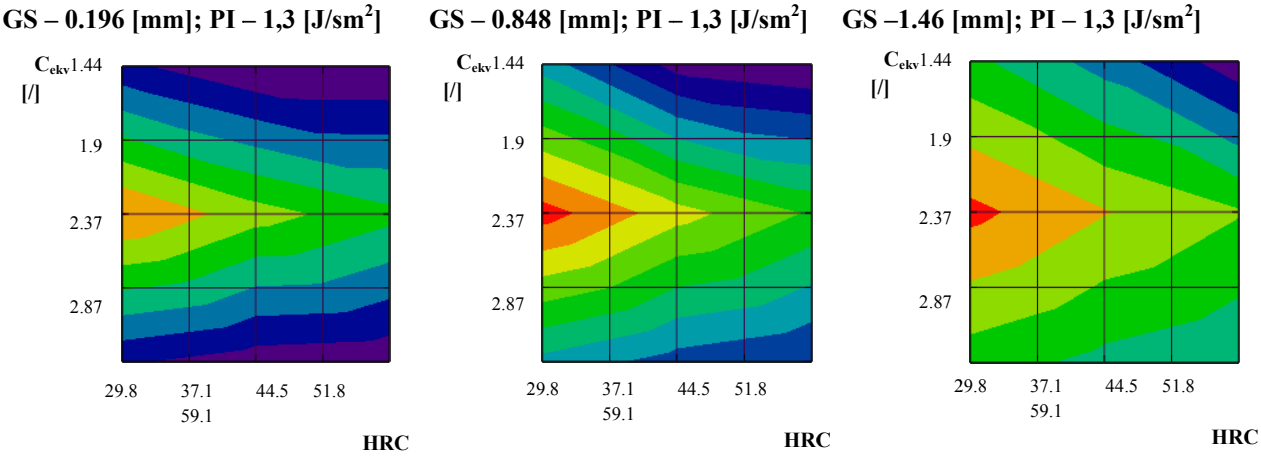
Вследствие организирано-планираното изменение на параметрите при ударно–абразивното износване, могат да се докажат важни твърдения. Те за изведени на база получения регресионен модел (табл.4) и следват природната логиката на този вид износване. Както се наблюдава от графиките на фиг.4, голямата загубата 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, което се потвърждава и от графичните зависимости, на фиг. 6 б) и 6 с).

GS – 0.196 [mm]; C_{ekv} – 2.372 **GS – 0.848 [mm]; C_{ekv}– 2.372** **GS – 1.46 [mm]; C_{ekv} –2.372**

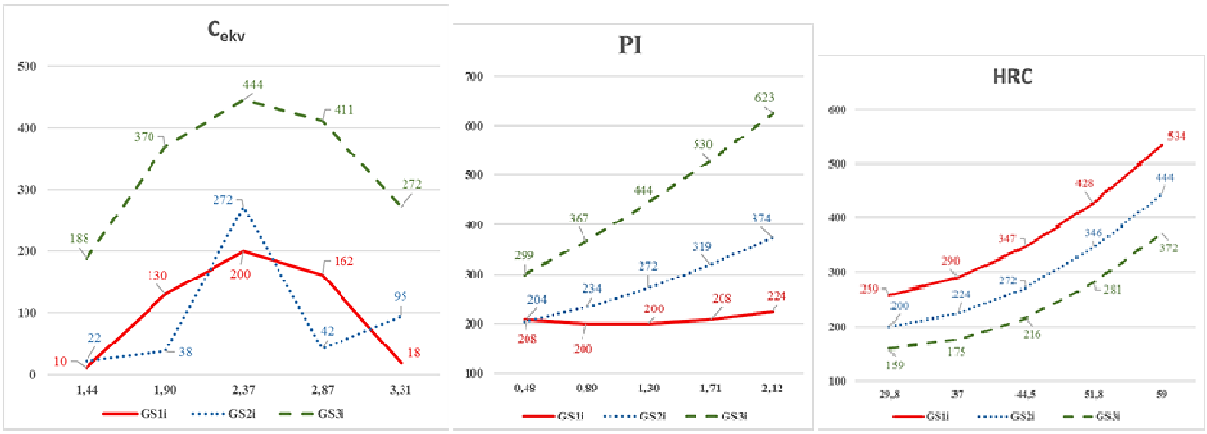


Фиг.4 Зависимост на загубата на маса при УАИ от изменението на твърдостта и енергията на удара

Независимо от това, че наварените образци с електроди 1105 и 1600 имат сходни дендритни микроструктури, включените легиращи елементи създават различни условия на износване. Както се наблюдава от фиг.5най-голямо износване се среща при покритие с електрода 1600, който формира C_{ekv} близък до 2.37. Това твърдение се потвърждава иот графиката на фиг. 6а).



Фиг.5 Зависимост на загубата на маса при УАИ от изменението на твърдостта и въглеродния еквивалент на наварения метал



а) въглероден еквивалент **b) енергия на удара** **c) твърдост**

Фиг.6 Зависимост на загубата на маса от изменениетовъглеродния еквивалент, енергията на удара и твърдостта при ударно-абразивно износване

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. Изведени са регресионна зависимост и са построени графични зависимости, чрез които може точно да се анализира загубата на маса вследствие на ударно-абразивното износване. Анализът е подкрепен с металографско изследване на различните групи наварен метал.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Виноградов В.Н., Г.М. Сорокин, Изнашивание при ударе, Машиностроение, М. 1982

[2] ГОСТ 23.207-79 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний машиностро-ительных материалов на ударно-абразивное изнашивание.

[3] Бахметьев В.В. Расчет энергосиловых параметров установки для испытания металов и сплавов на ударно-абразивный износ.

[4] Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей М. Колос, 1981

[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.

IMPACT-ABRASION OF MATERIALS WELDED IRON BASE

Aleksandar Monov[1], Nikolay Tonchev[1], MohammadReza Khanzadeh[2]
Rumiana Lazarova[3] Ilian Lyubomirov[1]
a_monov@abv.bg, tontchev@gmail.com,lazarova.rumiana@gmail.com, martinivanov@abv.bg

[1]Todor Kableshkov Univercity of Transport – Sofia, [2]Azad University - Tehran, Iran;
[3]Institute of MetalSciense– BAS, Sofia,
BULGARIA

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*