



ОБЩЕСТВО НА ТРИБОЛОЗИТЕ В БЪЛГАРИЯ
SOCIETY OF BULGARIAN TRIBOLOGISTS
ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ
TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA



ТРИБОЛОГИЧЕН ЖУРНАЛ БУЛТРИБ

Доклади от 8-та Национална конференция с международно участие
БУЛТРИБ '11

TRIBOLOGICAL JOURNAL BULTRIB

Papers from the 8th National Conference with International Participation
BULTRIB '11

28 октомври 2011, София
October 28th, 2011, Sofia

Година II, брой 02 (02), 2012
Volume II, Number 02 (02), 2012

Трибологичният журнал БУЛТРИБ се издава със средствата на проект, финансиран от субсидията за „Дни на науката на ТУ - София – 2011”.

Tribological journal BULTRIB is published by The resources of a project funded by the grant for "Days of Science of TU - Sofia - 2011."

Трибологичен журнал БУЛТРИБ

Доклади от 8-мата Национална конференция по Трибология с международно участие BULTRIB '11, 28 октомври 2011, София

Съставил: доц. д-р инж. М. Кандева

Дизайн на корицата: маг. инж. П. Христов, маг. инж. А. Ердеклиян

Издателство ТУ-София

София 2012

ISSN: 1313-9878

СЪДЪРЖАНИЕ

1. Откриване и встъпително слово на доц. д-р М. Кандева, <i>Председател на Обществото на триболозите в България</i>	07
2. Приветствие на проф. д-р Г. Тодоров, <i>Декан на МТФ-ТУ-София</i>	11
3. Встъпително слово от проф. д-н Н. Манолов, <i>Основател на българската школа по трибология</i>	13
4. Почетни дипломи на ИНГА за принос в развитието на трибологията и Балканската трибологична асоциация.....	15
5. <i>Al. Vencl</i> , Композити с метална матрица, основани на хипоевтектична <i>Al-Si</i> сплав: трибологични свойства в условия на сухо плъзгане.....	17
6. <i>S. SPÂNU, Cl. TELETIN, I. CRUDU</i> , Трибологично поведение на образци от хидрогенирана стомана <i>X-65</i>	24
7. <i>B. Sovilj, M. Kandeva, G. Nikolcheva, J. Javorova, I. Kolev, Al. Makedonski, I. Sovilj-Nikic</i> , Специфични видове износване на профилни инструменти.....	33
8. <i>H. Костова, Т. Цончева, Л. Мицова, Н. Велинов, Е. Дуткова, М. Ахимовичова, П. Балаж</i> , Механохимично синтезирани <i>FE₂O₃-TiO₂</i> смесено-оксидни катализатори за разлагане на метанол.....	43
9. <i>З. Черкезова-Желева, К. Захариева, В. Петкова, Б. Кунев, И. Митов</i> , Синтез на феритни материали чрез механохимично активиране.....	49
10. <i>Н. Велинов, Е. Манова, Т. Цончева, Д. Панева, Б. Кунев, К. Колева, И. Митов</i> , Механохимичен синтез на смесен <i>CU-CO</i> ферит.....	56
11. <i>Д. Карастоянов, Вл. Котев, М. Кандева</i> , Устройство за изпитване на покрития на валове чрез микроманипулатор с пиезо задвижване.....	61
12. <i>З. Карагъзова, В. Манолов, М. Тарасов</i> , Безтокови железни покрития с наноразмерни частици.....	73
13. <i>З. Карагъзова, Ж. Калейчева, М. Кандева</i> , Износоустойчивост на покрития, получени чрез технологията ЕФТОМ-НИКЕЛ.....	80
14. <i>А. Андонова</i> , Термографски контрол на износването на твърди покрития.....	91
15. <i>П. Милушева</i> , Определяне на механичните характеристики на метални слоеве, нанесени върху кристален полистирол. <i>Част първа: Получаване на металните слоеве</i>	100
16. <i>П. Милушева</i> , Определяне на механичните характеристики на метални слоеве, нанесени върху кристален полистирол. <i>Част втора: Изследване на механичните характеристики на металните слоеве</i>	105
17. <i>П. Кузманов, В. Манолов, М. Кандева</i> , Износоустойчивост на модифицирани с наномодификатори чугун <i>GG25</i> и стомана <i>GX120MN12</i>	112
18. <i>К. Стоичков</i> , Геометричен и кинематичен синтез и анализ на фрикционен вариатор с центроидни образуващи на работните повърхнини.....	125
19. <i>К. Стоичков</i> , Геометричен синтез и анализ на фрикционен вариатор с центроидни образуващи на работните повърхнини, по зададена първа предавателна функция на центроидния механизъм.....	133

20. <i>К. Стоичков</i> , Геометричен синтез и анализ на фрикционен вариатор с центроидни образуващи на работните повърхнини по зададен закон за изменение на предавателната функция на вариатора.....	141
21. <i>К. Стоичков</i> , Анализ на геометричното плъзгане при фрикционни вариатори с центроидни образуващи на работните повърхнини.....	149
22. <i>Я. Софронов, А. Димитрова, И. Янкова, Н. Николов, Г. Тодоров</i> , Върху възможностите на лазерната технология за понижаване на грапавостта на стомана <i>ST 304</i>	157
23. <i>Р. Димитрова, М. Тонгов, Р. Рангелов</i> , Създаване на междинен легиран слой в матрица от нисковъглеродна стомана чрез плазмено наваряване.....	176
24. <i>И. Пейчев, М. Кандева</i> , Характеризиране на композитни покрития, нанесени чрез газотермична свръхзвукова струя (<i>HVOF</i> -процес) при различни технологични режими.....	187
25. <i>М. Кандева, И. Пейчев, А. Димитрова</i> , Износване на композитни покрития, нанесени чрез газотермична свръхзвукова струя (<i>HVOF</i> -процес).....	198
26. <i>В. Пожидаева, М. Кандева, Е. Асенова</i> , Метод за определяне на износването в зъбните предавки на редукторите от минни и обогатителни машини.....	213
27. <i>А. Монов</i> , Стенд за ударно-абразивно износване. Особенности при проектиране на ударния механизъм.....	219
28. <i>А. Монов, М. Кандева</i> , Многокритериално изследване на композитни покрития при електродъгово равнинно наваряване.....	228
29. <i>С. Демирова</i> , Структура и механични характеристики на високояка стомана <i>S700MC</i> след отгряване и заваряване.....	242
30. <i>Т. Грозданова</i> , Характер и механизми на трибоемисията във вакуум.....	250
31. <i>Т. Грозданова</i> , Трибологични характеристики и явления в алуминиеви материали в условията на висок вакуум.....	254
32. <i>Т. Пеняшки</i> , Видове покрития и методи за нанасянето им върху металообработващи инструменти. Някои насоки за избора на подходящи материали и методи за нанасяне на покритията.....	258
33. <i>П. Христов, А. Ердеклиян</i> , Рекламният потенциал на социалните интернет мрежи. Практическото приложение на трибологичния модел в социалните интернет мрежи.....	287
34. <i>Е. Кожухарова</i> , Трибометаморфните слюдени шисти като лубрикант в тектонските зони на триене.....	298
35. <i>П. Димитрова</i> , Проучване на взаимодействието между структурата, формата и цвета в съвременния дизайн на дамско облекло.....	305
36. <i>Е. Асенова</i> , Седма международна конференция по Трибология “БАЛКАНТРИБ'11” в Солун, Гърция.....	317

СЪЗДАВАНЕ НА МЕЖДИНЕН ЛЕГИРАН СЛОЙ В МАТРИЦА ОТ НИСКОВЪГЛЕРОДНА СТОМАНА ЧРЕЗ ПЛАЗМЕНО НАВАРЯВАНЕ

Райна Димитрова¹, Манахил Тонгов², Рангел Рангелов³

¹ *Технически университет-София r_dimitrova@tu-sofia.bg*

² *Технически университет-София, tongov@dir.bg*

³ *Технически университет-София rafo@tu-sofia.bg*

CREATION OF INTERNAL ALLOYED LAYER WITHIN A LOW CARBON STEEL MATRIX BY PLASMA ARC SURFACING PROCESS

Rayna Dimitrova¹, Manahil Tongov², Rangel Rangelov³

¹ *Technical University, Sofia, Bulgaria; E-mail: r_dimitrova@tu-sofia.bg*

² *Technical University, Sofia, Bulgaria; E-mail: tongov@dir.bg*

³ *Technical University, Sofia, Bulgaria; E-mail: rafo@tu-sofia.bg*

Abstract: *In the present work are investigated the creation possibilities of internal alloyed layer with high carbon content and decreased hardness within a low carbon matrix using a method of preliminary coated graphite based alloying material by the plasma arc surfacing process with solid wire electrode. There are obtained experimental results after metallographic analysis and microhardness profile within the surfaced metal. The investigation is related to the topic and is funded by the Ministry of Education and Science according to the contract ДУНК-01/3 of the Technical University – Sofia entitled „Development of University Research Complex for Innovations and Knowledge Transfer in the area of micro/nano technologies and materials, energy efficiency and virtual engineering”.*

1. УВОД

Плазменото наваряване е вид технология за нанасяне на покрития от различни метали и сплави върху повърхнините на детайлите с оглед създаване на повърхностен слой със специални свойства. Наваряването на работните повърхности на детайлите, чрез нанасяне на метал с определен химичен състав и физико-механични свойства, повишава тяхната дълготрайност и износоустойчивост. Експлоатационните свойства на наварените повърхнини до голяма степен се предопределят от химическия състав на наварения материал. Легирането на наварения метал се осъществява в процеса на капкообразуването посредством контакта на разтопения електроден метал с газовата среда и допълнително внесения материал (метал или флюс).

Основните признаци, по които следва да се оценява методът за легиране, са: еднородност на състава по обема на наварения слой; икономичност; удобство при прилагане на метода на легиране и пр. Легирането може да се извърши за сметка на: - обменни реакции между метала и шлаката; - чрез газовата среда; - чрез въвеждане на специални добавки. Най-широко приложение е получило легирането чрез въвеждане в заваръчната вана на метални сплави, чисти метали, карбиди, нитриди, които обикновено се постига с помощта съответните методи за наваряване.

За внасянето на легиращите елементи в наварения метал се използват следните методи: - използване на плътни електродни телове или ленти; - използване на шихтови електроди (тръбна електродна тел или шихтова лента); - използване на нисковъглеродна електродна тел или лента и легиран флюс, керамични флюси и др.; - използване на нисковъглеродна електродна тел или лента и топен флюс с предварително нанасяне на легиращите елементи върху наваряваната повърхнина.

Легирането на наварения метал с плътна електродна тел или лента е традиционно приет похват, при който зададения химически състав се получава при сравнително широк диапазон на изменение режима на наваряване, при който лато легиращите елементи се разпределят равномерно в наварения метал.

Легирането на наварения метал с шихтови електроди има редица предимства, а този метод за постигане на слоеве със специфични свойства е най-широко разпространеният. Навареният метал е еднороден по състав, добре се формира, свободен е от пори и шлакови включвания. Диапазонът на наваряване, при който се получава наварен метал с определен химически състав е достатъчно широк, като химическият състав на наварения метал се определя основно от химическия състав на шихтовия електрод.

При третия метод наваряването се извършва от нисковъглеродни лента

или тел с използването на керамични флюси или флюсови смеси, от които легиращите елементи преминават от флюса към наварения метал в процеса на наваряване. При този метод флюсът е основен източник за легиране и колкото е по-голямо количеството на разтопения флюс, толкова е по-голямо количеството на преминаване на легиращите елементи в разтопения метал. Поради това съставът на наварения метал зависи основно от състава и относителната маса на флюса, както и от режима на наваряване.

При четвъртия метод за легиране посредством паста, които се нанасят на наваряваната повърхнина с последващо наваряване с ниско въглероден електроден материал, химическият състав на наварения метал се определя от количеството дозирана паста, а така също от съотношението на количеството разтопен легиращ материал и електродната тел. Точното дозиране на шихтата или пастата, нанесена като повърхностен слой, е трудна задача, особено при наваряване на детайли със сложна форма.

Целта на настоящата работа е да се изследва възможността за създаване на междинен легиран слой с високо въглеродно съдържание и повишена твърдост в матрица от нисковъглеродна стомана чрез предварително нанесен легиращ материал на графитна основа в режим на плазмено наваряване с нисковъглероден електроден материал. Използването на нисковъглеродна тел е наложено от икономически съображения и предположението за намаляване на дефектите в наварения слой, в сравнение с методите за легиране при използване на електроден материал с високо съдържание на легиращите елементи.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1. Методика за предварително нанасяне на легиращите елементи върху наваряваната повърхнина

Повишеното съдържание на въглерод в наварения метал се осигурява чрез легиране с допълнителен шихтов материал от графит, нанесен върху плоска основа от нисковъглеродна стомана. За легиращи компоненти са подбрани два шихтови материала на графитна основа: - сребрист (кристален) графит; - черен графит; - и пълнеж от кварцов пясък, марка 01 ПК 016-80 с едрина около 0.16 mm и съдържание на SiO₂ над 98%.

Методиката на нанасяне на легиращия шихтов материал преди наваряването включва следната последователност:

1. Подготовка на сместа за нанасяне – графитът се смесва с водно стъкло в съотношение 1 към 10, разрежда се с вода и се разбърква интензивно до получаване на хомогенен разтвор.

2. Образецът от нисковъглеродна стомана (съдържание на въглерод до 0.12%) се нагрива в пещ до 220⁰С.

3. Хомогенизираният графитен разтвор се нанася върху повърхността на нагретия образец до получаване на плътен непрекъснат повърхностен слой от графит.

4. Образецът с нанесения повърхностен слой се оставя да изстине при стайна температура. За осигуряване на достатъчно легиращ материал при наваряването т.е. повърхностен слой с достътъча дебелина образецът се нагрива и шихтовия материал се нанася неколкократно.

5. Плазмено наваряване с нисковъглеродна тел при следния режим: $I = 80$ [A], $V_H = 30$ [mm/min], стъпка 3[mm], брой наварени ивици 6.

Броят на предварително нанасяните повърхностни слоеве е от един до три, като най-добри резултати след наваряването с нисковъглероден електроден материал са получени след трикратно нанасяне, поради което те са представени за дискусия по долу.

За сравнение е използванана т.нар. „нулева” проба, при която е наварявано с нисковъглероден електроден материал върху свободна от легиращ материал, чиста повърхност на проба от нисковъглеродна стомана.

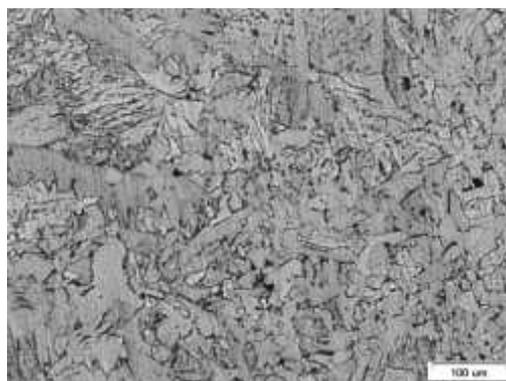
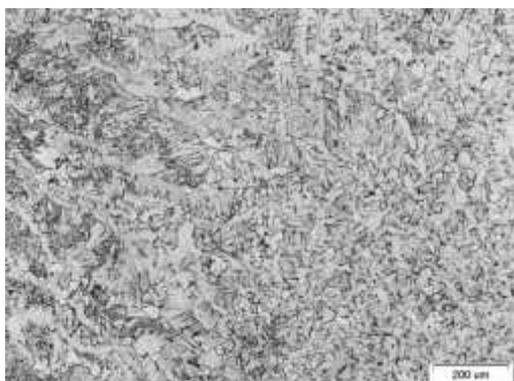
2.2. Експериментални резултати

Металографските изследвания са проведени с оптичен металографски микроскоп „Olympus – GX41”, с дигитална цветна камера “Altra 20”. Шлифоването е извършено на шкурки от 220 до 1500, полирани са с диамантена паста 1 μm и 1/4 μm . Микроструктурата на основата от нисковъглеродна стомана и наварения метал е проявена с разтвор 2% HNO_3

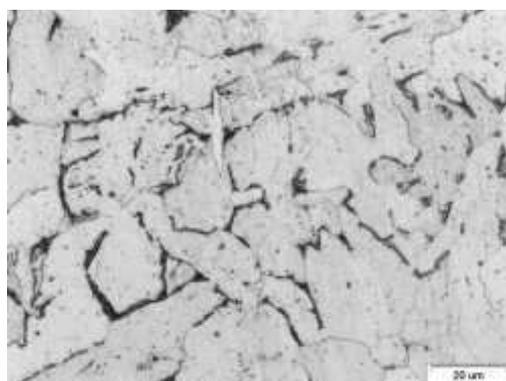
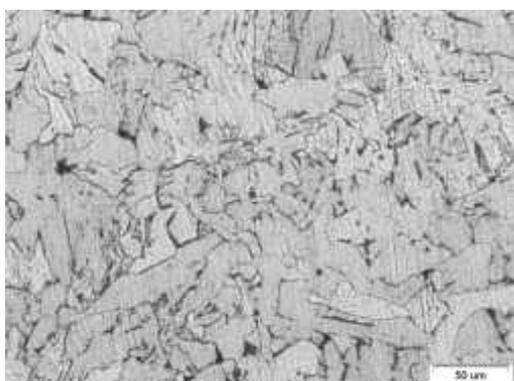
Анализът на получените слоеве, след извършване на наваряването показва, че най-ясно оформен е междинният легиран слой след трикратно нанасяне с черен графит. Навареният метал върху тези образци е с добър външен вид, като равномерност, непрекъснатост и плътност, поради което по надолу са представени само тези резултати.

2.2.1 Микроструктурен анализ след плазмено наваряване без предварително нанасяне на легиращ материал върху наваряваната повърхнина

Фиг. 1 Микроструктура в зоната на сплавяване на наварения метал с нисковъглеродната матрица без нанесен легиращ материал



Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 50 пъти (вляво) и 100 пъти (вдясно)



Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 500 пъти (вляво) и 1 000 пъти (вдясно)

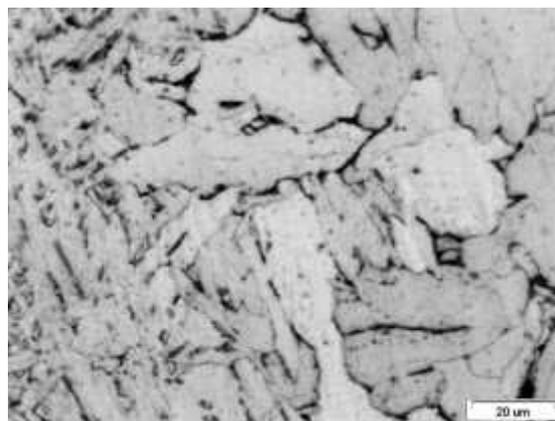
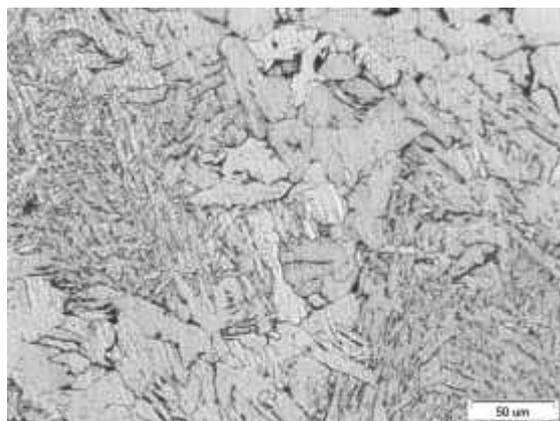
При металографските изследвания на микроструктурата без предварително нанесен легиращ материал (фиг. 1) е установено, че в зоната на сплавяване на наварения метал са оформени само два вида структури – на основния метал ферит и сравнително малко перлит по границата на зърната, която след наваряване се променя във Видманщетен ферит.

В структурата на наварения материал доминират групи от издължени остри кристали (Видманщетен ферит), получени при високата скорост на охлаждане след кристализация на течния метал и създаването на неравновесни структури. Липсата на междинен слой е потвърдена и от измерването в дълбочина на микротвърдост по Викерс, чийто графичен вид е даден на фиг. 7. Повишаването на твърдостта към повърхността на наварения метал се дължи на осъщественото легиране в течната фаза и високата скорост на охлаждане след кристализацията на течния метал.

Фиг. 2 Микроструктура в зоната на наварения метал без нанесен легиращ върху нисковъглеродната матрица материал



Микроструктура в зоната на наваряване - увеличение 50 пъти (вляво) и 100 пъти (вдясно)



Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 500 пъти (вляво) и 1 000 пъти (вдясно)

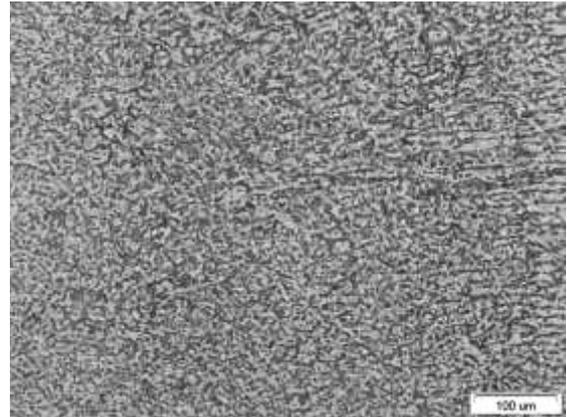
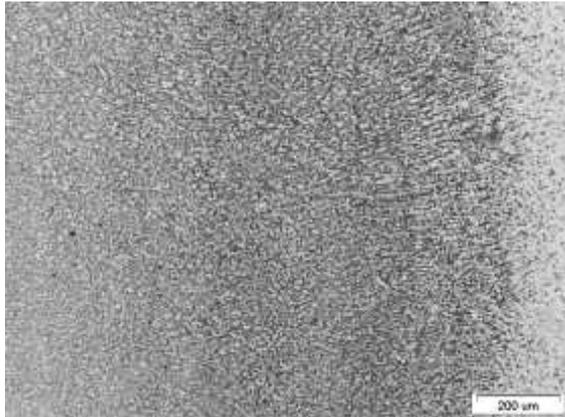
2.2.2 Микроструктурен анализ и микротвърдост след плазмено наваряване с предварително нанасяне на легиращ материал от черен графит върху наваряваната повърхнина

Предварително са извършени три повърхностни нанасяния на легиращ материал от черен графит и водно стъкло, които са дали сравнително равномерен плътен слой с дебелина от около 0.5 мм. Повърхността на предварително нанесения слой е здрава, а той е добре прикрепен към основния материал. Навареният върху тази основа материал е равномерно разпределен (разлят) без видими дефекти и силни изменения в напречно на повърхността направление.

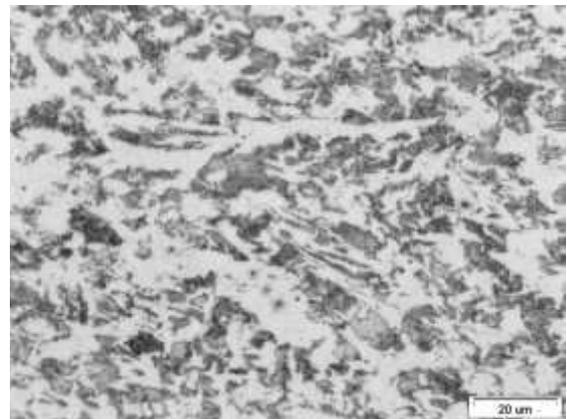
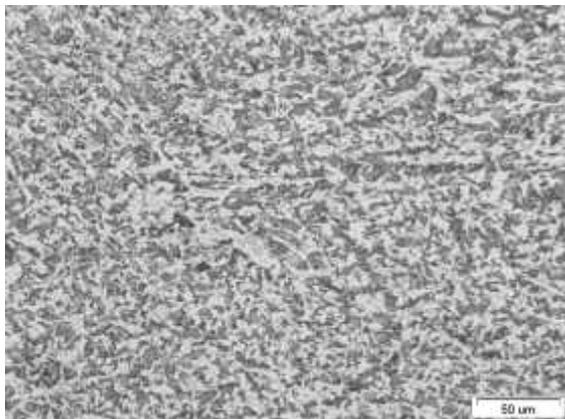
При металографските изследвания на микроструктурата с предварително нанесен легиращ материал (фиг.3) е установено, че в зоната

на сплавяване на наварения метал и матрицата е оформена структурата на междинен легиран слой. Междинният слой вероятно е с повишено съдържание на въглерод и се състои от ферит и увеличено съдържание на перлит (вероятно сорбит), в съотношение 1 : 1.

Фиг. 3 Микроструктура в зоната на сплавяване на наварения метал с нисковъглеродната матрица с предварително нанесен легиращ материал от графит

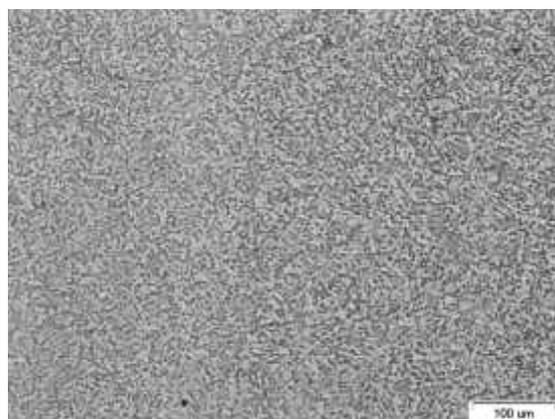
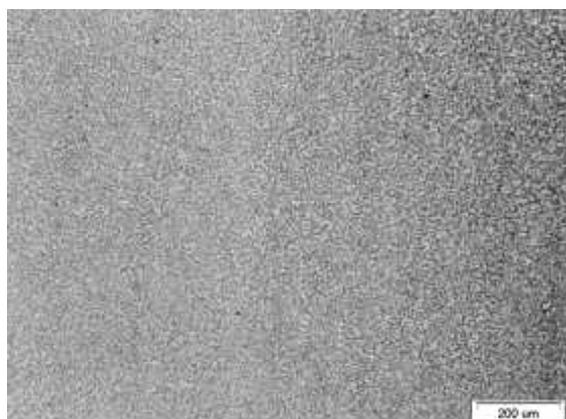


Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 50 пъти (вляво) и 100 пъти (вдясно)

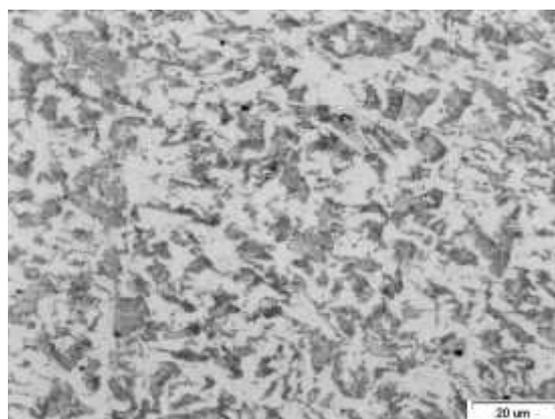
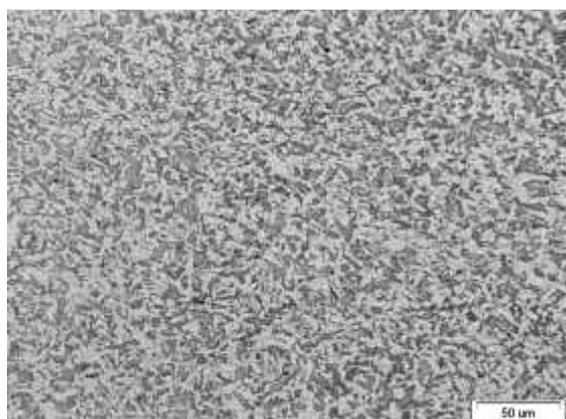


Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 500 пъти (вляво) и 1 000 пъти (вдясно)

Фиг. 4 Микроструктура в зоната на наварения метал с предварително нанесен легиращ слой от графит



Микроструктура в зоната на наваряване - увеличение 50 пъти (вляво) и 100 пъти (вдясно)



Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 500 пъти (вляво) и 1 000 пъти (вдясно)

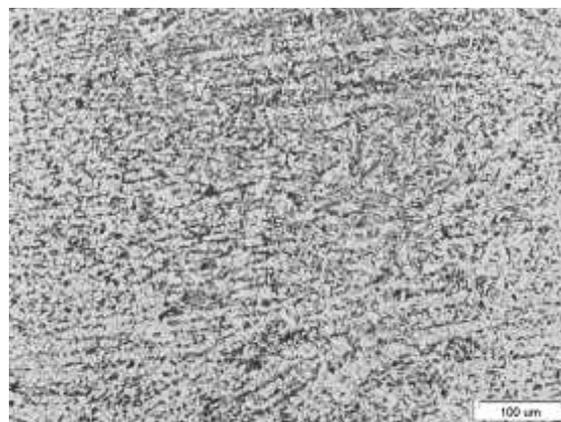
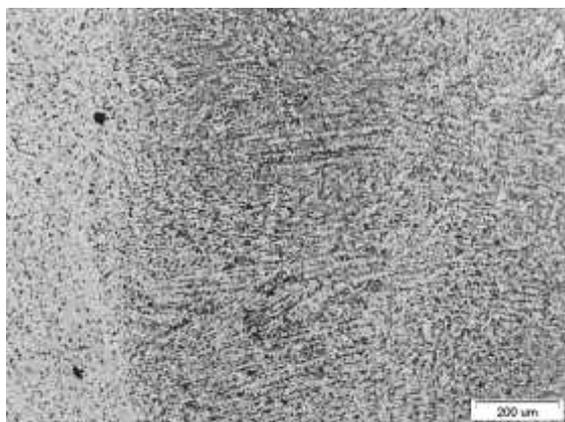
Структурата на наварения материал е издробенна структура, получена при кристализацията на течния метал, и се състои от феритна матрица и перлит (сорбит).

Наличието на междинен слой с дебелина от около $200 \div 300 \mu\text{m}$ е потвърдена и от измерването на микротвърдост по Викерс, чийто графичен вид е даден на фиг. 7. Твърдостта на междинния слой е по-висока с около 20-30% от заобикалящата го матрица.

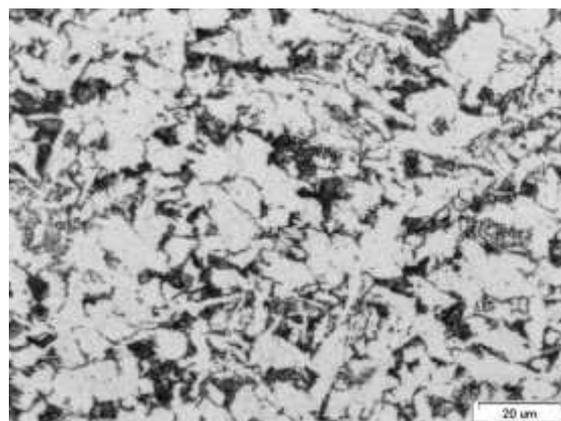
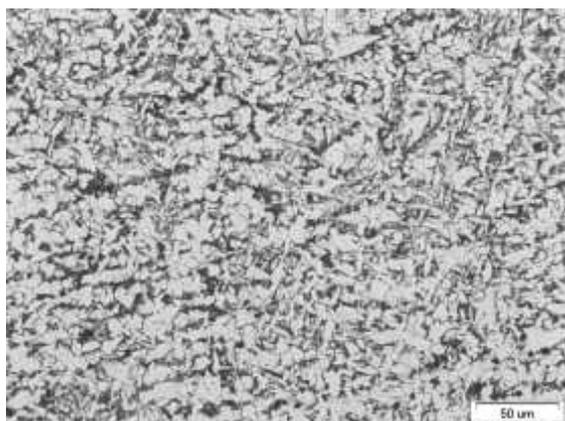
2.2.3 Микроструктурен анализ и микротвърдост след плазмено наваряване с предварително нанасяне на легиращ материал от черен графит и кварцов пясък върху наваряваната повърхнина

Предварително са извършени три повърхностни нанасяния от черен графит и водно стъкло, като последното е с добавен фин кварцов пясък. Те са образували сравнително плътен слой с неравномерно включени пясъчинки и с дебелина около $0.5\div 0.7$ мм. Повърхността на предварително нанесения слой е здрава, а той е добре прикрепен към основния материал. Навареният върху тази основа материал е също равномерно разпределен (разлят) без видими дефекти и изменения в напречно на повърхността направление.

Фиг. 5 Микроструктура в зоната на сплавяване на наварения метал с нисковъглеродната матрица с предварително нанесен материал от черен графит и кварцов пясък



Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 50 пъти (вляво) и 100 пъти (вдясно)

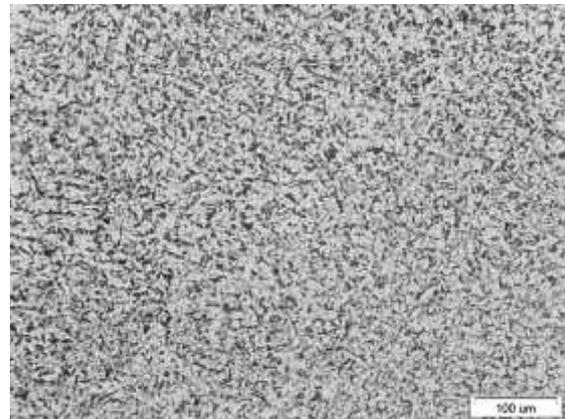
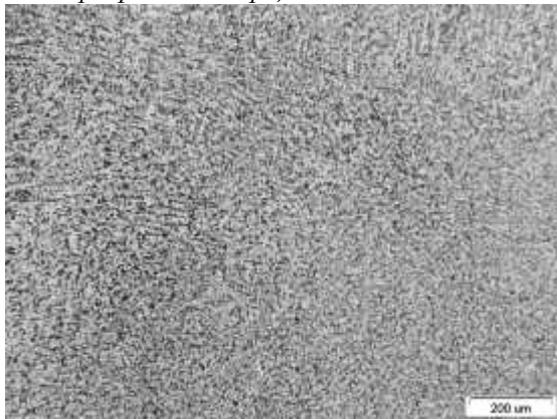


Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 500 пъти (вляво) и 1 000 пъти (вдясно)

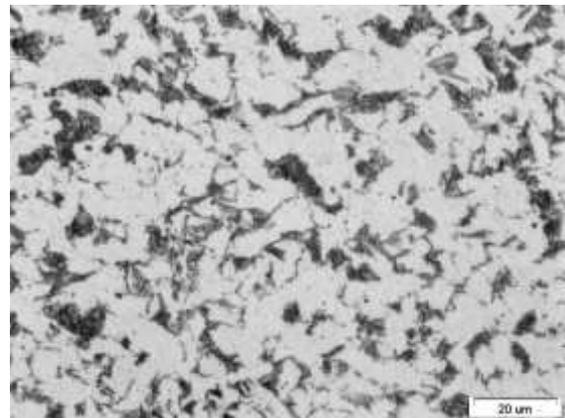
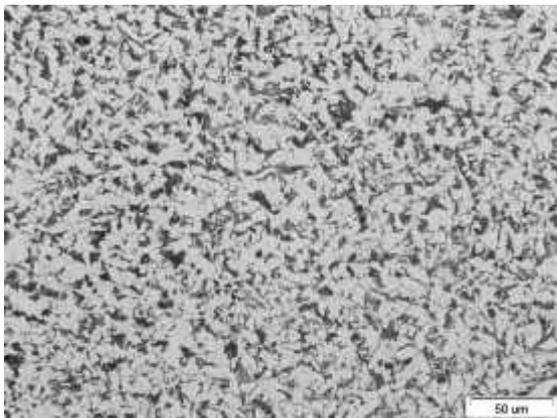
При металографските изследвания на микроструктурата с предварително нанесен легиращ материал (фиг. 5) е установено, че в зоната на сплавяване на наварения метал и матрицата е оформена структурата на междинен легиран слой. Междинният слой вероятно е с

повишено съдържание на въглерод и се състои от сегрегирани ивици от легиран ферит и перлит (пластинчат и зърнест).

Фиг. 6 Микроструктура в зоната на наварения метал с предварително нанесен легиращ слой от графит и кварцов пясък



Микроструктура в зоната на наваряване - увеличение 50 пъти (вляво) и 100 пъти (вдясно)



Микроструктура в зоната на сплавяване - увеличение 500 пъти (вляво) и 1 000 пъти (вдясно)

Структурата на наварения материал е дребнозърнеста, получени при неравновестната кристализация на течния метал и се състои от феритна матрица и групи перлит (вероятно сорбит).

Наличието на междинен слой с дебелина от около $150 \div 200 \mu\text{m}$ е потвърдена и от измерването на микротвърдост по Викерс, чийто графичен вид е даден на фиг. 7. Твърдостта на междинния слой е по-висока с около 30-40% от заобикалящата го нисковъглеродна матрица.

2.3. Изпитване на микротвърдост на наварения метал след плазмено наваряване

За определяне на твърдостта е използван микротвърдомер Zwick (Германия), с обхват 100 N. Изпитването е проведено при натоварване 200 g с продължителност 10 s, съгласно БДС EN 6507-1:2001.

Профилите на твърдостта са построени със стъпка на измерване е 100 μm в дълбочина. Те започват от основния метал, преминават пред зоната

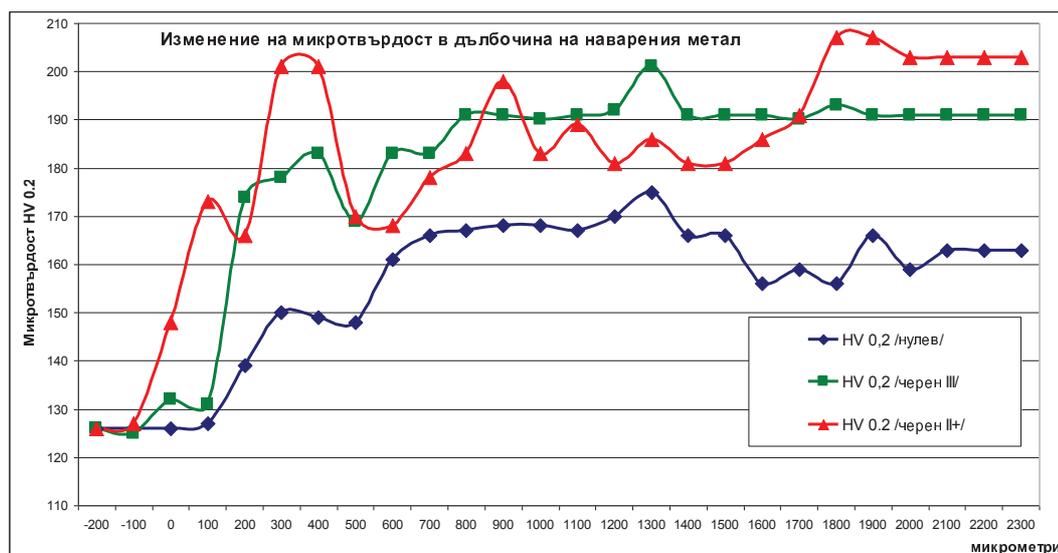
на сплавяване и продължават към повърхността на наварения метал. Проведеното изпитване на твърдост е за два от случаите за наварени слоеве с предварително нанесени легиращи компоненти: - III - три слоя черен графит; - II+ - два слоя черен графит и трети с пълнеж от кварцов пясък; и за т.нар. нулева проба - наваряване с нисковъглероден електроден материал върху свободна от легиращ материал повърхност.

Наличието на междинен легиран слой с високо въглеродно съдържание в матрицата от нисковъглеродна стомана се вижда от изменението на микротвърдостта в дълбочина на наварения метал и в двата случая на предварително нанесен легиращ слой - фиг. 7.

Най-висока микротвърдост над 200 HV_{0.2} на междинния слой е получена при две нанасяния на черен графит и трето с пълнеж от кварцов пясък, като дебелината на този слой е около 100 – 150 μm (между 300 и 400 μm). Сравнително големите скокове в твърдостта (фиг. 7) в дълбочина се дължат на нервномерното разпределение на частиците кварцов пясък в наварения метал

При три нанасяния на черен графит с водно стъкло дебелината на междинния слой е около 200 – 250 μm (между 200 и 400 μm), а микротвърдостта е над 180 HV_{0.2}. Слойт повишава равномерно твърдостта си към повърхността и е сравнително хомогенен.

И при двата легиращи слоя се наблюдава повишаване на твърдостта до нивата на междинния слой близо до повърхността на наварения метал. Това увеличаване на твърдостта в зони, близки до повърхността на наварения метал, се дължи на осъществяването на легиране с въглерод, преминаването му в повърхностните наварени слоеве, както и на високата им скорост на охлаждане.



Фиг. 7 Изменението на микротвърдостта на наварения материал в дълбочина

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата е потвърдена възможността за създаване на междинен легиращ слой с високо въглеродно съдържание и повишена твърдост в матрица от нисковъглеродна стомана чрез предварително нанасяне на легиращ слой в режим на плазмено наваряване с нисковъглероден електроден материал.

Основните изводи от представените експерименти и техният анализ могат да бъдат обобщени от следните резултати:

1. Потвърдена е възможността за легиране при наваряване на нисковъглеродна матрица с никсовъглероден електроден материал чрез предварително нанесен шихтов материал на основата на графит и водно стъкло.

2. Установена е възможността за получаване на нееднороден наварен метал и наличие на междинен слой с вероятно по-високо съдържание на въглерод, повишена твърдост и повишена твърдост спрямо заобикалящата го матрица.

3. Повишаването на твърдостта на наварения метал при предварително нанесен легиращ материал не е свързано с появата на вътрешни дефекти (пукнатини, пори, неметални включвания, шлака и пр.) или на видима промяна във външния вид на наварения метал.

Благодарности

Авторите благодарят на Договор № ДУНК-01/03 от 12.2009 за проект за създаване на „УНИК за иновации и трансфер на знания в областта на микро/нано технологии и материали, енергийната ефективност и виртуалното инженерство” при Технически Университет – София за оказаната финансова помощ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Asthana Rajiv, Ashok Kumar, Narendra B. Dahotre, Coatings and Surface Engineering. Materials Processing and Manufacturing Science, 2006
- [2] Bell G. R., Surface coatings 3 - Gas-welded coatings. Tribology, Volume 5, Issue 5, 1972
- [3] Fischer A., Well-founded selection of materials for improved wear resistance. Wear, Volume 194, Issues 1-2, 1996
- [4] Hazzard R. Surface coatings 2-Arc-welded coatings. Tribology, Volume 5, Issue 5, 1972
- [5] Henderson J. L., J. H. Bulloch, The abrasive wear resistance of the martensitic group 2 and 3 hardfacing materials: The influence of abradent type. International Journal of Pressure Vessels and Piping, Volume 57, Issue 3, 1994
- [6] Ноу, R., D. M. Evans, J. McCure, A. C. Nunes, G. Garcia. 1996. Shielding gas and heat transfer efficiency in plasma arc welding. Welding Journal.
- [7] Анчев В., Тошков В., Василева Л., Захаридова Ж., Калейчева Ж., Николов Й., Петров Р., Симеонов В. Ръководство за лабораторни упражнения по материалознание,
- [8] Бучков Д., Кънев М. Материалознание, София, 2007
- [9] Василев В. Технология на възстановяване на детайлите. Русе, 1996
- [10] Манолов Н., Кандева М., Обща трибология, София, 2004
- [11] Манолов Н., Кандева М., Интердисциплинна парадигма на трибология, София, 2010
- [12] Желев А. Н. Комплексен термодинамичен подход за оценяване горещата трошливост на металите при заваряване. Дисертация за получаване на научна степен „Доктор на техническите науки“, София 1989
- [13] Лолов Н. В., Заваряемост на металите Част 1: Физични процеси., София 1995
- [14] Тонгов М. Заваряване Част Първа Процеси, София, 2009
- [15] Христов Н. Повишаване качеството на наварения метал чрез нанасяне на слоеве със специални свойства в условията на електродъгово наваряване. Автореферат на дисертационен труд, София, 2011
- [16] Хасуи А. Техника напъшения. Москва, Машиностроение, 1975