

ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАВАРЕН С ДОБАВЯНЕ НА НАНО ЧАСТИЦИ ОТ TiN СЛОЙ

Пламен Ташев, Румяна Лазарова
weld@abv.bg, r.lazarova@ims.bas.bg

**ИМСТЦХ - БАН „Акад. А. Балевски”,
ул. “Шипченски проход” 67, София 1574,
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: наноматериали, наномодификатори, нанотехнология, TiN, наваряване, ВИГ, модифициране, металография, микротвърдост

Резюме: Върху планки от нисковъглеродна стомана по метода ВИГ с допълнителен тел са наварени слоеве с използване на наномодификатор TiN + Cr. На образци от получените наварени съединения и на контролни образци наварени без използването на наномодификатор са проведени металографски изследвания на структурата и е измерена микротвърдостта на зоните на основния метал, зоната на термично влияние и метала на шева. Направени са изводи за влиянието на наномодификатора върху структурата и микротвърдостта.

Въведение

В последно време, с развитието на нанотехнологиите, се появи възможност за модифициране на метала на шева с наноразмерни частици при процесите на заваряване или наваряване. Въвеждането в разтопената стомана на нанодисперсни метални и неметални прахове притежаващи уникални физикохимични и механични свойства способства за модифициране на метала, предизвиква преразпределение на вредните примеси, намаляване на размера на зърната и води до получаването на зона или слой с повишена якост, микротвърдост и износоустойчивост[1, 2]. Изследвано е влиянието на наномодификатори TiCN, TiCN и Y₂O₃, плакирани с желязо при заваряване на нисковъглеродна стомана[3]. Установено е, че използването на наномодификатора променя микроструктурата на завареното съединение и е отчетено повишаване на якостните свойства и на микротвърдостта по Викерс по ширина и височина на заваръчния шев.

Използвани наномодификатори

Алтернатива на използваните досега модификатори са трудно топими съединения (нитриди, карбиди, карбонитриди, бориди и др.) във вид на нанопрахове, които се получават чрез плазмо-химически синтез и са с малък размер на частиците (4-100 nm). В Институт по металознание, съоръжения и технологии „Акад. А. Балевски” с център по хидроаеродинамика-БАН се провеждат научни изследвания върху влиянието на различни видове наномодификатори върху експлоатационните свойства на стомани и чугуни. При експериментите са използвани следните наномодификатори: TiC, TiN, TiCN, SiC и др. [4,5]. Нанопраховете TiCN, TiC, TiN са произведени от фирма Neomat CO, Латвия и Института по теоретична и приложна механика – СО РАН. За

предпазване от атмосферно въздействие са пасивирани с олеинова киселина. За да се избегне трудното омокряне на праховете от разтопения метал същите предварително се покриват с плакиращи метали Ni, Cr, Fe, Al, Cu и др. Плакирането се извършва чрез механохимична обработка в планетарни мелници или в специални вани по безтоков метод.[6, 7]

В настоящата разработка сме използвали наноматериал TiN покрит с Cr.

Подготовка на образците

Използваните образци представляват планки с дебелина 4[mm]. Изработени са от стомана S235JR в съответствие с DIN17100/Rst 37-2; EN10025/ S235JR с химичен състав показан в Таблица 1.

Таблица1 Химичен състав на стомана S235JR

C max	Mn max	S max	P max	Si	N max
0,17	1,40	0,040	0,040	0,15 – 0,25	0,012

Повърхностите на планките са почистени абразивно и обезмаслени.

Метод на наваряване

Съгласно разработената технология е приложен ВИГ метод на наваряване (електродъгово наваряване в инертен газ с нетопящ се електрод) с използване на предварително покрит с наноматериал(TiN +Cr) заваръчен тел. Пробните образци са наварени в позиция РА.

Защитен газ

Използван е инертен защитен газ аргон по БДС EN ISO 14175 с означение I 1.

Заваръчна тел

Избран е заваръчна тел за ВИГ заваряване DT-SGМо по DIN 8576 с номинален диаметър 1.6mm, който е подходящ за наваряване на образци от използваната стомана.

Създадена е нова и оригинална технология за нанасяне на нано и ултрадисперсни прахове върху заваръчна тел[8]. Нанасянето на праховете се състои от няколко операции, които гарантират равномерното разпределение на праховете върху металната повърхност на тела. Използвана е избраната заваръчна тел, покрита със слой съдържащ наномодификатор TiN +Cr и свързващо вещество.

Апаратура и режим на наваряване

Експериментите са проведени с апаратура Fronius Magic Wave 2500 (фиг. 1). Същата е предназначена за ВИГ заваряване и наваряване.



Фиг. 1 Импулсна апаратура Fronius Magic Wave 2500 за ВИГ заваряване и наваряване.



Фиг. 2 Наваряване на опитен образец

Използван е следния режим на наваряване:
Заваръчен ток: $I = 90\text{A}$; Напрежение: $U = 12\text{V}$.

Техника на наваряване

На фиг. 2 е показана използваната техника на наваряване на образците. Допълнителната тел се подава в зоната на заваръчната вана на определено разстояние извън заваръчната дъга. Тела е под ъгъл $30 - 45^\circ$ спрямо повърхността на наваряване на детайла. Заваръчната горелка и тела се движат от ляво на дясно (при заварчик работещ с дясна ръка).

Експерименти

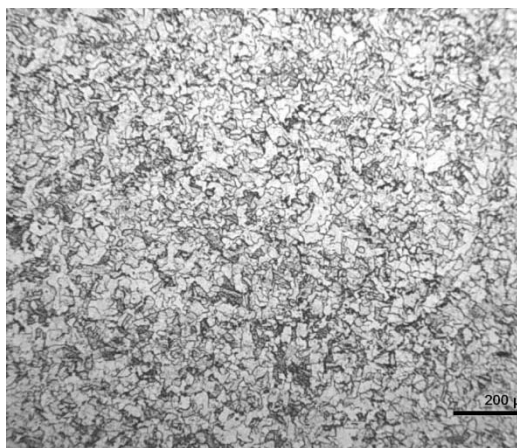
Наварени са два вида пробни образци със следните означения: Образец №1 – контролен, изпълнен със заваръчна тел без покритие; Образец №2 –изпълнен със заваръчна тел, покрита със слой съдържащ наномодификатор $\text{TiN} + \text{Cr}$ и свързващо вещество.

Металографски анализ

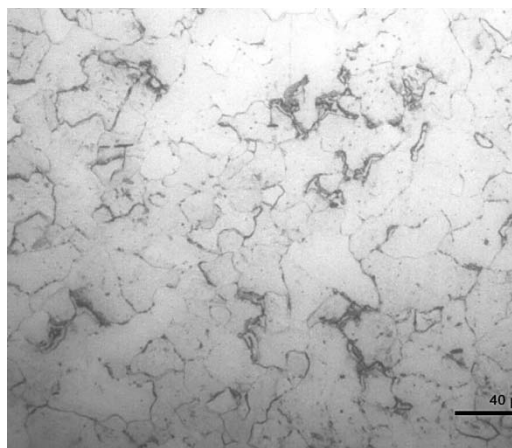
Образците от наварените съединения са подготвени за металографски наблюдения съгласно разработена методика. Микроструктурата се наблюдава с помощта на металографски микроскоп PolyvarMet на фирма ReichertJung с максимално увеличение $1000\times$ и снабден с цифрова камера и компютър с монитор.

На фиг.3 и фиг.4 са представени металографски снимки на заварени съединения №1 – без наномодификатор и №2 – с наномодификатор. Показани са структурите в различните зони при две различни увеличения.

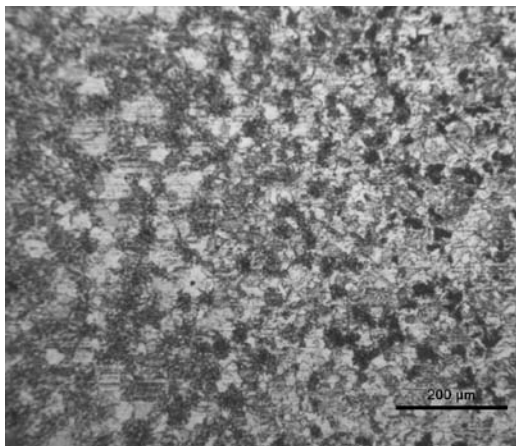
Наблюденията показват, че микроструктурата в зоната на основния метал и в двата образца е ферито-перлитна (с малко количество перлит) и не се различава съществено. И в двата образца в преходната зона между основения метал и зоната на термично влияние се наблюдават перлитни струпвания. Микроструктурата в зоната на термично влияние и в двата образца представлява ферит с бейнитни участъци. Микроструктурата в зоната на заваръчния шев и в двата образца е бейнитна, но в образец №1 представлява груб бейнит с отделяния от видманщетен фериит, а в образец №2 е фин бейнит.



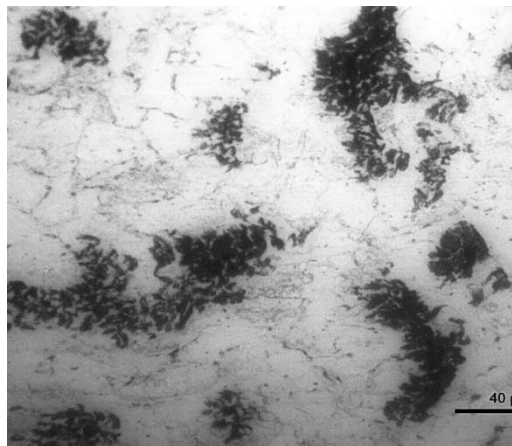
основен метал



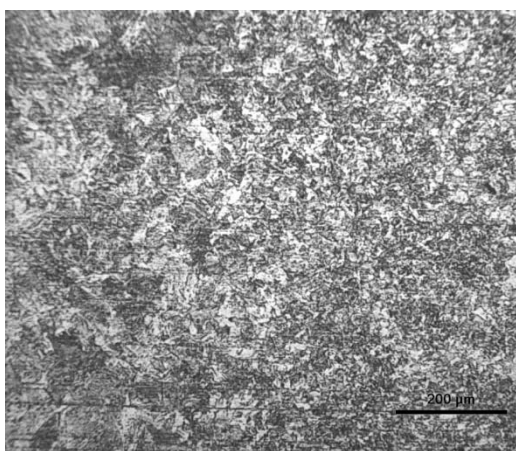
основен метал



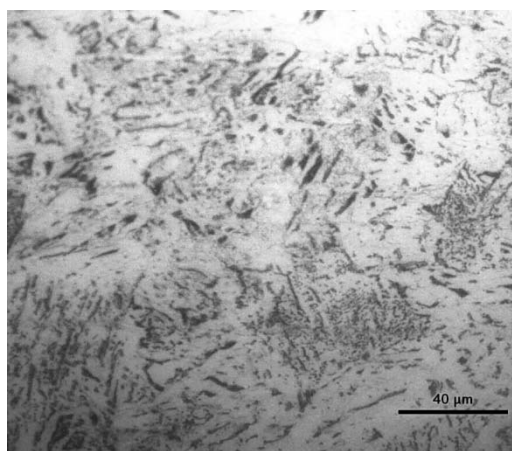
зона на термично влияние- основен метал



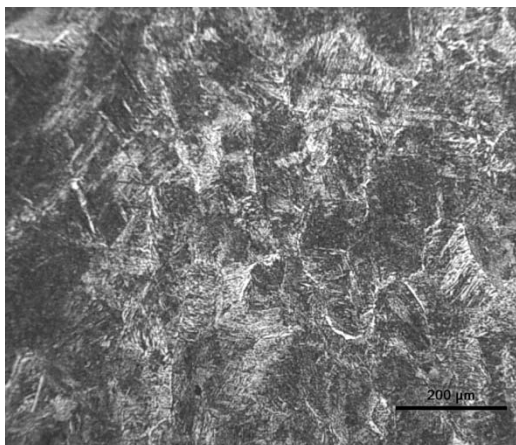
зона на термично влияние- основен метал



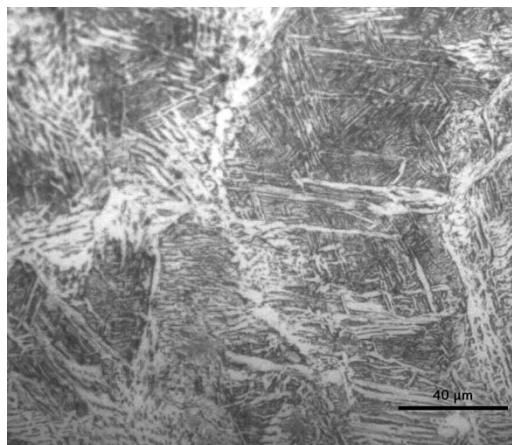
зона на термично влияние



зона на термично влияние

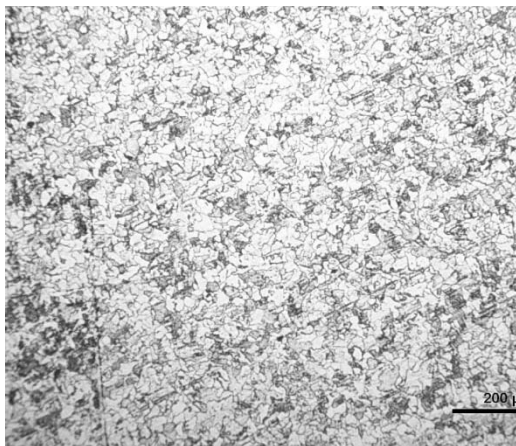


заваръчен шев

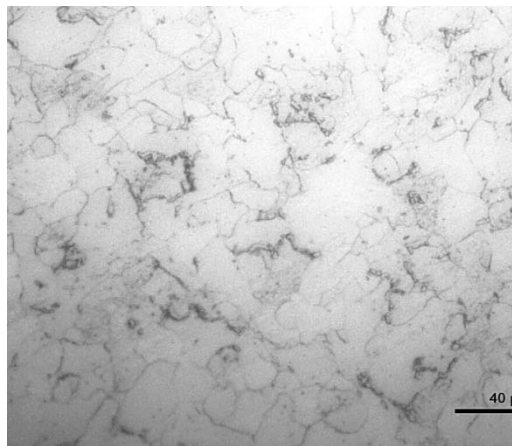


заваръчен шев

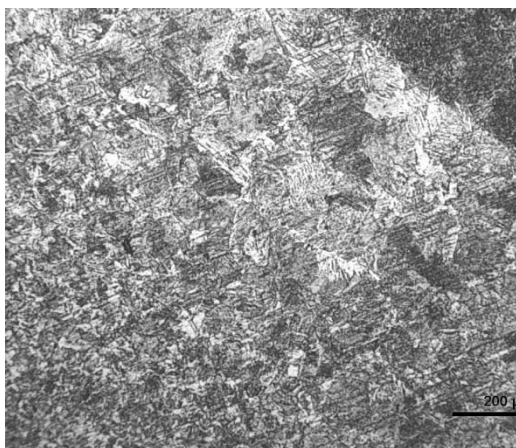
Фиг. 3 Микроструктура на образец №1 – без наномодификатор, зони на навареното съединение при две увеличения



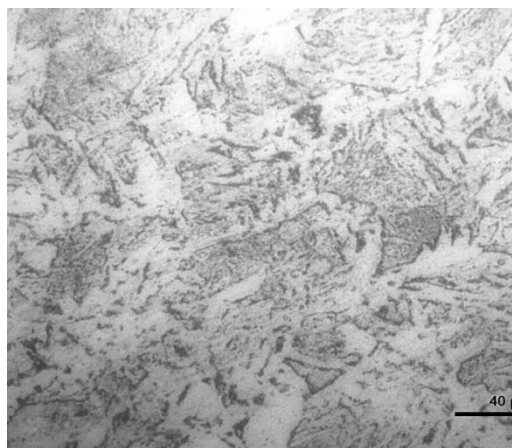
основен метал



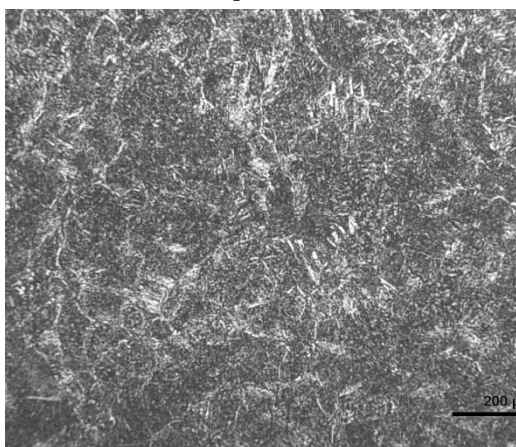
основен метал



основен метал - зона на термично
влияние – заваръчен шев



зона на термично влияние



заваръчен шев



заваръчен шев

Фиг. 4 Микроструктура на образец № 2 – с наномодификатор, зони на навареното съединение при две увеличения

Измерване на микротвърдост по метода на Викерс

Микротвърдостта се измерва с помощта на микротвърдомер MicroDuromat 4000 по метода на Викерс с товар 50 g и продължителност 10s.

Измерванията на микротвърдостта в зоната на заваръчния шев от повърхността към вътрешността на образца показват, че в образец №1 без наномодификатор(Фиг.5)

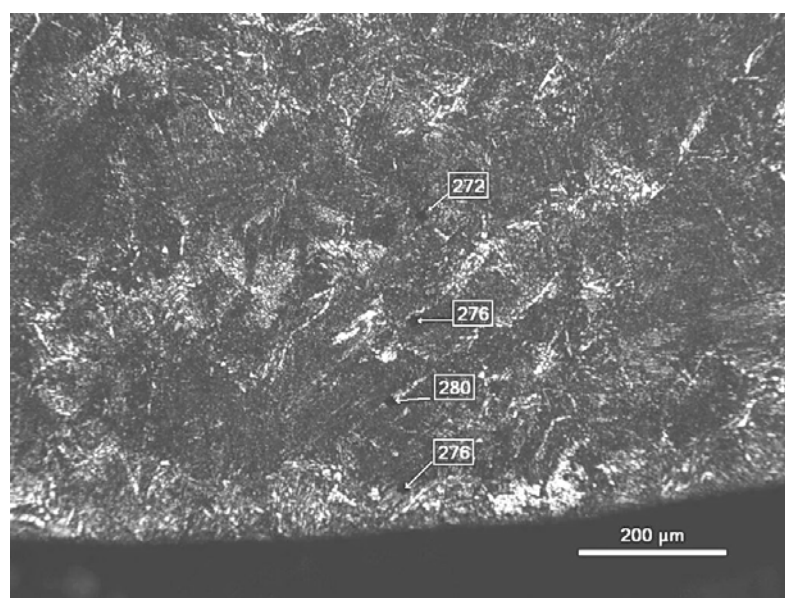
същата почти не се променя и се колебае около 276 kg/mm^2 , а в образец №2 с наномодификатор (Фиг.6) тя намалява от повърхността към вътрешността от 368 kg/mm^2 до 295 kg/mm^2 , като средната стойност на сърцевината е 295 kg/mm^2 . Средната стойност на сърцевината се достига на дълбочина около $450 \mu\text{m}$ от повърхността.

Изводи

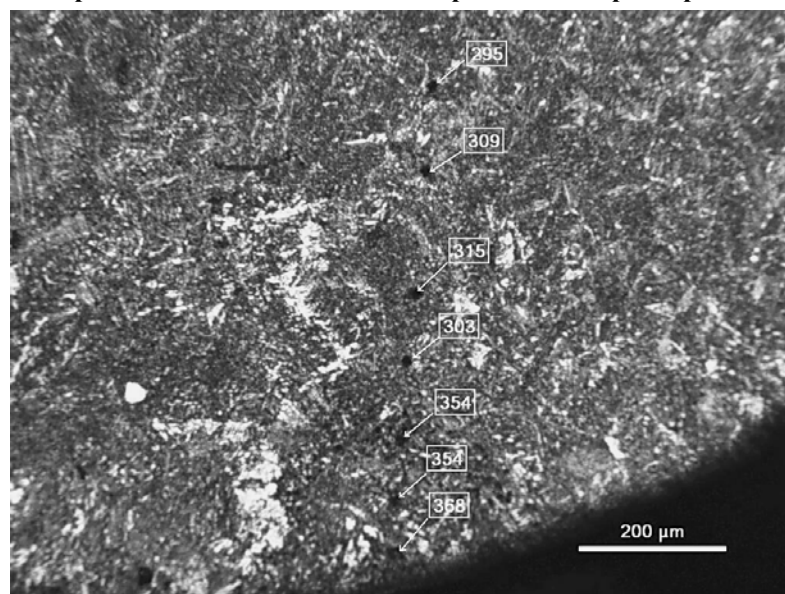
Внасянето на наномодификатор $\text{TiN} + \text{Cr}$ чрез предварително покрита допълнителна тел в процеса на ВИГ наваряване на образци с дебелина 4 [mm] от нисковъглеродна стомана S235JR води до:

- Издребняване на микроструктурата в зоната на шева;
- Повишаване на микротвърдостта на повърхносния слой на шева с 23%.

Изследването показва, че зоната на влияние на наночастици е широка около $400\text{--}450 \mu\text{m}$ и е разположена от повърхността към сърцевината на наваряваните образци. Микроструктурата в останалите зони на наварените съединения остава непроменена.



Фиг.5 Образец №1 – отпечатъци от измерване на микротвърдост



Фиг.6 Образец №2 – отпечатъци от измерване на микротвърдост

Разработката и публикуването на тази статия са спонсирани от договор No 6ИФ-02-35/15.12.2012г., финансиран от Изпълнителната агенция за насърчване на средните и малки предприятия чрез НИФ.

Литература

- [1]. Черепанов А.Н. и др. „О применении нанопорошков тугоплавких соединений при сварке и обработке металлов и сплавов”, Тяжелое машиностроение. №4/2. 2008. С. 25-26
- [2]. Трошков А.С. „Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама”, Ползуновский альманах №2 2009
- [3]. Дроздов, В. О., А. Г. Маликов и др. Экспериментальное исследование лазерной сварки металлов с применением нанопорошковых добавок. Докл. V Всероссийской конференций „Взаимодействие высококонцентрированных потоков энергии с материалами в перспективных технологиях и медицине”. Новосибирск, 26-29 марта, 2013, с. 97-101.
- [4]. Лазарова, Р., П.Кузманов и др. Исследование свойств стали 110ГЛ13 и чугуна СЧ25, модифицированных нанопорошковыми инициаторами. Доклады IV Всероссийской конференции, 22-25 марта, 2011, Новосибирск, Россия.
- [5]. Кузманов П., В.Манолов и др. Износоустойчивост на модифицирани с наномодификатори чугун GG 25 и стомана GX120MN12. Tribological Journal BULTRIB, Papers of Conference BULTRIB'11, Oct. 28, 2011, Sofia.
- [6]. Низкотемпературная плазма. Том 12. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение для модифицирования металлов и сплавов (отв. ред. В. М. Фомин, А. Н. Черепанов). -Новосибирск, Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1995, 339 с.
- [7]. Karaguiozova Zdravka, Manolov Valentin and Tarasov Michael, Elektroless iron coating on nanosized particles, BULTRIB'11 - 8th National Conference on Tribology with International Participation, Sofia, 28.10.2011, изнесен доклад и публикация в Tribological Journal BULTRIB Vol. 2, 2012, pp. 73-79
- [8]. Ташев П., Т.Петров, Я. Лукарски, Г.Стефанов „Технологии за внасяне на наноразмерни частици в заваръчни шев при процеси на наваряване”, Инженерни науки, год.L, 2013, № 3, списание на отделение „Инженерни науки” към Българска Академия на Науките, стр. 82-93

EXAMINATION OF LAYER OVERLAID WITH ADDITION OF TiN NANO PARTICLES

Plamen Tashev, Romyana Lazarova
weld@abv.bg, r.lazarova@ims.bas.bg

**IMSETCH "Acad. A. Balevski" - BAS,
67q Shipchenski prohod str., 1574 Sofia,
BULGARIA**

Key words: *nanomaterials, nano modifiers, nano technology, TiN, overlay welding, TIG, modification, metallography, micro hardness*

Abstract: *On plates of low carbon steel, there layers with nano modifier TiN + Cr are overlaid by TIG method using additional wire. Metallographic examinations on the structures of specimens from surfaced welds with and without introduction of nano modifier are conducted; the microhardness is measured in the base zone, heat affected zone and weld seam metal. Conclusions are made about the influence of the nano modifier on structure and microhardness.*