

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COVERED ELECTRODES FROM THE NOMENCLATURE OF „ELECTRODES FACTORY” LTD – ИХТИМАН¹

Assist. Prof. Nikolay Ferdinandov, PhD

Department of Material Science and Technology,

University of Ruse “Angel Kanchev”

E-mail: nferdinandov@uni-ruse.bg

Abstract: Welding is one of the most important production processes in metalworking, especially in the creation of finished structures and products. In highly developed industrial countries, more than 40% of the steel produced is processed by welding. Manual metal arc welding is the second most commonly used method for making welded structures. In it, the electric arc burning between the product and a melting coated electrode is used as a heat source, serving at the same time as filler metal to fill the welding gap. The results of welding with covered electrodes - properties and appearance of the seam, performance and technological applicability depend primarily on the electrodes with the help of which the welding is carried out. Therefore, the research of new brands of electrodes is a task of particular practical importance. The work presents results for the technological characteristics of covered electrodes from the nomenclature of the company "Electrode Factory" OOD, Ihtiman. The studies were conducted according to ISO 2401:2018.

Keywords: Manual Metal Arc Welding, Covered Electrodes, Technological Characteristics

JEL Codes: L10, L11

ВЪВЕДЕНИЕ

Заваряването е основен производствен процес за получаване на различни по вид и размери конструкции и изделия. Понастоящем съществуват над 200 метода и разновидности за заваряване, като приблизително 95% от произведената продукция обаче се изработва от пет основни метода на електродъгово заваряване - МАГ-заваряване (~42%), ръчно електродъгово заваряване (~23%), МИГ-заваряване (~11%), подфлюсово заваряване (~11%) и ВИГ-заваряване (~7%).

Благодарение на своята простота и технологична гъвкавост ръчното електродъгово заваряване с обмазани електроди (eng. Manual metal arc welding - MMA, metal arc welding with covered electrode, Shielded metal arc welding - SMAW) е получило широко промишлено приложение.

Методът е с числов код 111 съгласно ISO 4063:2023 и при него като източник на добавъчен метал за получаване на заваръчните шевове се използват така наречените обмазани електроди.

В зависимост от основния компонент в обмазките електродите се разделят на четири основни групи: рутилови “R”, базични “B”, целулозни “C” и рудно – кисел тип обмазка “A”. От тях основно приложение са намерили електродите с първите два типа обмазки.

В България обмазани електроди се произвеждат във фирма “Завод за Електроди” ООД, гр. Ихтиман (<https://www.zavodzaelectrodi.com>). Фирмата в този си вид съществува от 2014-та година и е продължител на опита и традициите на съществуващият от 1967г. завод за производство на електроди.

Технологичните характеристики на електродите за РЕДЗ отчитат техните свойства проявяващи се по време на работа – стабилно горене на дъгата, скорост на стопяване, пръскоотделяне, възможност за работа в различни пространствени положения, производителност и др (Mamatkulov, O., 2021; Smirnova, Zh., et al. 2020). Тези свойства са свързани основно с типа на обмазката и режимите на работа и се представят чрез рандемана

¹ Докладът е представен на заседание на секция „Механика и машиностроителни технологии“ на 27 октомври 2023 с оригинално заглавие на български език: ТЕХНОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОМАЗАНИ ЕЛЕКТРОДИ ОТ НОМЕНКЛАТУРАТА НА „ЗАВОД ЗА ЕЛЕКТРОДИ“ ИХТИМАН

на електрода с обмзката (R_N , R_E), рандемана на металната пръчка на електрода (R_D , R_G), коефициентът на наваряване (D) и устойчивостта на горене на дъгата. За съжаление обаче, тези така важни и интересни данни не се предоставят от фирмите производителки и присъстват само частично, като реквизит върху кутиите с електроди.

Целта на работата е свързана с изследване на технологичните характеристики (рандеман, коефициент на наваряване и стабилност на горене на дъгата) на определени марки електроди за РЕДЗ от номенклатурата на фирма “Завод за Електроди” ООД.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За изработването на заварени конструкции в практиката най-често се използват нисковъглеродните нелегирани и нисколегирани стомани, тъй като те не създават съществени проблеми при заваряването си, тоест имат добра заваропригодност. При работа с такива стомани могат и обикновено се използват електроди с рутилови и базични обмзки подходящи за тях, като например Рожен (рутилов) и Hard (базичен). Поради това именно те са обект на проведените изследвания. Тези марки електроди се произвеждат с диаметри в диапазона 2...6mm, като за нуждите на работата бяха използвани такива с $\varnothing 2,5$ и $\varnothing 3,25$ mm, поради това, че тези диаметри са най-често използвани.

Като ръководящ документ за провеждане на основната част от изследванията (определяне на рандемана и коефициента на наваряване) е използван синхронизираният Европейски стандарт – БДС EN 2401:2018 (ISO 2401:2018).

Избраните марки електроди са със следните означения:

Hard – E42 5 B 42 H5;

Рожен – E38 0 RR 12.

Маркирането и означението на избраните в изследването електроди става съгласно БДС EN ISO 2560 (ISO 2560:2020). Съгласно тези означения числата 1 или 4 показват номиналния рандеман на електрода при постоянен и променлив ток. Съответно 1- $\leq 105\%$ при DC и AC, 4- $\geq 105\% \leq 125\%$ при DC;

Използвани са пробни тела от стомана S235 с размери 300x65x10mm, като върху всяко са наварявани по 5 от избраните марки и диаметър електроди. Масата на планките е измервана преди и след наваряването с точност ± 1 g. След всеки пробег със съответния електрод са отстранявани шлаката и прилепналите пръски, а пробното тяло е охлаждаемо във вода и изсушавано преди следващото наваряване.

Преди започване на експериментите на пет електрода от изследваните марка и диаметър е отстранявана обмзката и са измервани масата на металните им пръчки и тяхната дължина с точност ± 1 mm. След това е измервана и масата на други пет електрода с обмзката, с които ще се провеждат експериментите.

Наваряването продължава докато електрода остане с дължина около 50mm, а общата дължина на остатъците - в рамките на 240...260mm. Времето за наваряване е отчитано с точност ± 1 s. След приключване на работа отново е измервана масата и дължината на остатъците от електродите с описаната точност.

За получаване на описаните технологични характеристики са използвани следните изчислителни формули (БДС EN ISO 2401:2018):

$$R_N = \frac{md}{mcn} \cdot 100, \% \quad (1)$$

$$R_E = \frac{md}{mce} \cdot 100, \% \quad (2)$$

$$R_G = \frac{md}{me} \cdot 100, \% \quad (3)$$

$$R_D = \frac{md}{me - ms} \cdot 100, \% \quad (4)$$

$$D = \frac{md}{I_m \cdot t}, g / A \cdot \min \quad (5)$$

където,

m_d - Маса на навареният метал, g

m_{cn} – Пълна номинална маса на металната пръчка, g

m_{ce} – Обща маса на изразходваната метална сърцевина, g

m_e – Обща маса на изпитваните електроди с обмазката, g

m_s – Обща маса на остатъците от изпитваните електроди с обмазката, g

t - Време на горене на дъгата, min

I_m – Сила на тока при наваряването, A

R_N – Рандеман на електрода с остатъка (метална пръчка + обмазка), %

R_E – Рандеман на електрода (метална пръчка + обмазка) без остатъка, %

R_G – Рандеман на металната пръчка на електрода без остатъка, %

R_D – Рандеман на металната пръчка на електрода с остатъка, %

D - Коефициент на наваряване, g/A.min

За втората група изследвания свързани с определяне на стабилността на горене на дъгата е използвано приспособление на Хренов, показано на фигурата по-долу. В случаят изследвания електрод се установява на разстояние $3 \div 4$ mm от планката намираща се под него, като запалването на дъгата става с помощта на късо съединение с въгленов (графитов) електрод. Критерий за устойчивост е максималната дължина на загасналата дъга, която се измерва чрез нониуса на приспособлението.



Фиг. 1. Приспособление на Хренов за определяне на стабилността на горене на дъгата

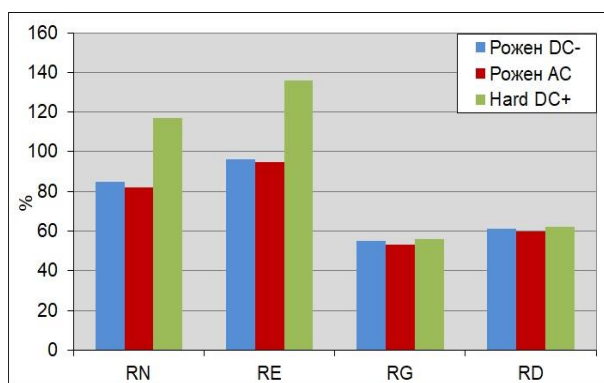
Използваният заваръчен токоизточник е от инверторен тип – TIGER 210 AC/DC, даващ възможност за използване, както на променлив, така и на постоянен ток. И при двете групи изследвания използваната големина на тока е 90% от максималната препоръчана от фирмата производител според изискванията на БДС EN ISO 2401-2018.

РЕЗУЛТАТИ

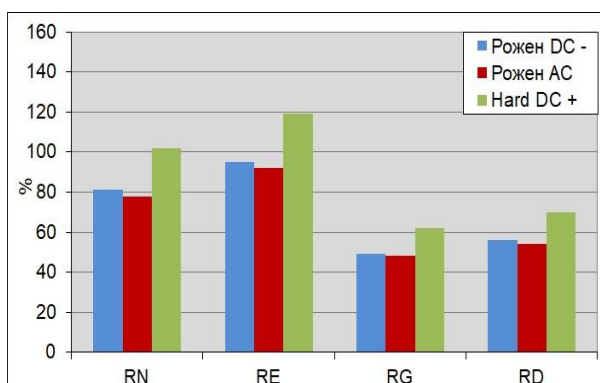
Използваните режими на работа, както и получените резултати от експериментите са представени в таблицата и на фигурите по-долу. Всички сравнения и коментари по отношение на технологичните характеристики на електродите с рутилов и базичен тип обмазки са направени без да се отчита разликата в използваната големина на тока.

Таблица 1. Резултати от проведените експерименти

Марка и диаметър на електрода $\varnothing$, mm	Големина и полярност на тока - Im, A	Рандеман на електрода с остатъка - RN, %	Рандеман на електрода без остатъка - RE, %	Рандеман на металната сърцевина без остатъка - RG, %	Рандеман на металната сърцевина с остатъка - RD, %	Коефициент на наваряване D, g/A.min	Стабилност на горене на дъгата, mm
Рожен, $\varnothing$ 2,5	81, DC-	85	97	55	61	0,16	13,7
Рожен, $\varnothing$ 2,5	81, AC~	82	95	53	60	0,14	13,0
Рожен, $\varnothing$ 3,25	126, DC-	81	95	49	56	0,14	13,3
Рожен, $\varnothing$ 3,25	126, AC~	78	92	48	54	0,12	11,0
Hard, $\varnothing$ 2,5	72, DC+	117	135	56	62	0,16	7,7
Hard, $\varnothing$ 3,25	108, DC+	102	119	62	70	0,16	9,7



a)

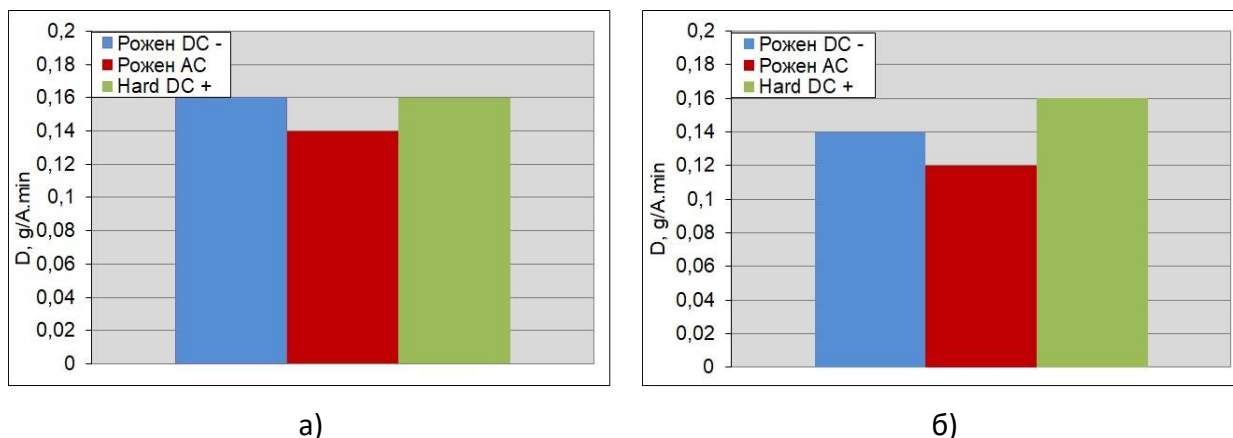


b)

Фиг. 2. Рандеман на електроди „Рожен“ и „Hard“ с диаметър $\varnothing$ 2,5mm (a) и $\varnothing$ 3,25mm (б)

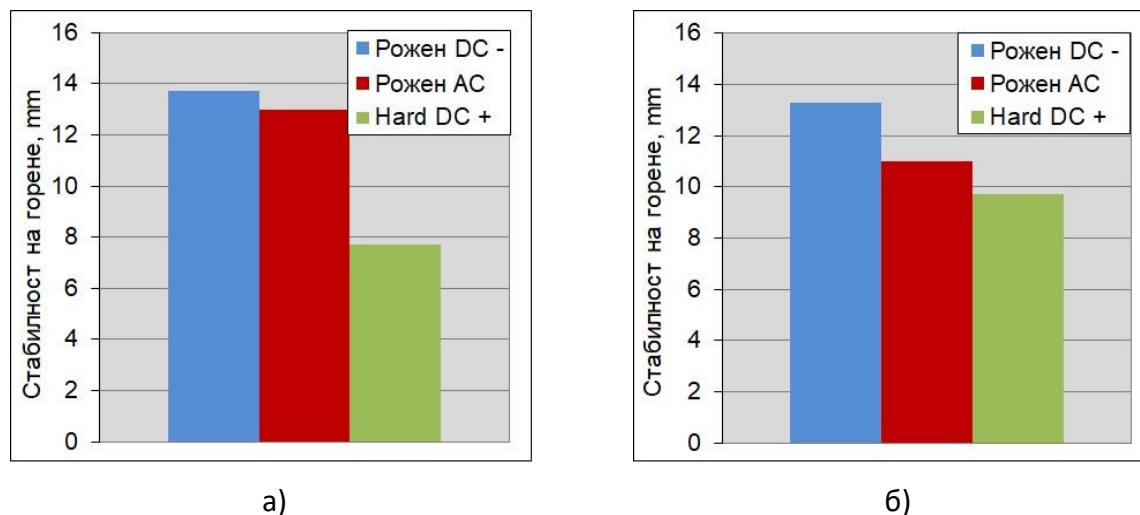
От представените в таблица 1 и на фигура 2 резултати се вижда, че рандемана на електродите (R_E , R_N) зависи най-вече от типа на обмзката. Изследваните електроди с базичен тип обмзка притежават рандеман във всички случаи над 100 %. Максимални стойности са налице при електродите с диаметър $\varnothing$ 2,5mm, като достига 117% и съответно 135% (с и без остатъка). Това най-вероятно се дължи на съдържащите се в по-голямо количество метални прахове в състава на обмзките, които имат предназначението да осъществят допълнително легиране на метала на шева. Обикновено електродите с рандеман над 100 % се наричат високопроизводителни като съдържанието на железен прах в обмзката може да достигне 40÷60 %. Прави впечатление, че при електродите „Hard“ с диаметър $\varnothing$ 3,25mm отчетените стойности за рандемана са по-малки от тези при електродите с диаметър $\varnothing$ 2,5mm. Тук една от причините най-вероятно е различната дебелина на обмзките. При електродите с диаметър $\varnothing$ 3,25mm дебелината на обмзката е около 70% от диаметъра на металната пръчка, докато при тези с диаметър $\varnothing$ 2,5mm е 100% диаметъра на пръчката. При електродите „Рожен“ с рутилов тип обмзка рандемана достига до около 95% поради наличието на загуби, вследствие пръскообразуване и изпаряване на част от металната пръчка в зоната на горене на дъгата. Впечатление прави, че макар и значително по-малко, върху рандемана влияние оказва и вида на тока. При използването на постоянен ток и права полярност на свързване (DC-, при електроди Рожен), той е по-висок в сравнение с този получен при използване на променлив ток (AC). Това е в сила независимо от диаметъра на електродите.

Резултатите за рандемана на металните пръчки на електродите (R_G и R_D) с диаметър $\varnothing$ 2,5 mm са от един порядък, докато при тези с диаметър $\varnothing$ 3,25 mm са в полза на електродите Hard.



Фиг. 3. Коефициент на наваряване за електроди “Рожен” и “Hard” с диаметър $\varnothing 2,5\text{mm}$ (a) и $\varnothing 3,25\text{mm}$ (б)

Фигура 3 представя влиянието на типа на обматката и вида на тока върху коефициента на наваряване „D”. Вижда се, че и при двата диаметра на електродите с базичен тип обматка коефициентът на наваряване е постоянен. При тези с рутилов тип обматка се установяват по-високи стойности за коефициента на наваряване при работа с постоянен ток в сравнение с използването на променлив.



Фиг. 4. Стабилност на горене на дъгата за електроди “Рожен” и “Hard” с диаметър $\varnothing 2,5\text{mm}$ (a) и $\varnothing 3,25\text{mm}$ (б)

Фигура 4 представя резултатите по отношение на стабилността на горене на дъгата. Това е важна характеристика касаеща до голяма степен и самите заварчици. При електродите “Рожен” с рутилов тип обматка стабилността е значително по-голяма в сравнение с електродите “Hard” с базичен тип обматка. Това е така поради наличието на TiO_2 (основен компонент в рутиловите обматки), който подобрява йонизацията и осигурява лесно възбуждане и стабилно горене на дъгата. Тук също влияние оказва и вида на тока, като при използване на постоянен ток с права полярност на свързване стабилността е по-висока от случая, в който се използва променлив ток. Това вероятно се дължи на факта, че при променливия ток се нарушава стабилността на горене на дъгата при преминаване през нулевата точка на синусоидата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от проведените експерименти позволяват да се направят следните по-важни изводи:

1. Върху технологичните характеристики на изследваните обмазани електроди влияние оказват както типа на обмазките, така и вида на тока.

2. При електродите “Hard” с базичен тип обмазка, рандеманът надвишава 100%, което се дължи на наличието на метални прахове в нея, осъществяващи допълнително легиране на метала на шева. Това от своя страна гарантира по-висока производителност в сравнение с рутиловите електроди. Влиянието на вида на тока върху рандемана при електродите с рутилов тип обмазка е несъществено.

3. Получените резултати показват, че стабилността на горене на дъгата при рутиловите електроди е значително по-висока от тази при електродите с базичен тип обмазка. Използването на постоянен ток вместо променлив допълнително стабилизира горенето.

REFERENCES

Mamatkulov, O. (2021). *Welding and technological properties of electrodes with a basic coating*. Paper presented at the 4th International Congress on Multidisciplinary Studies, 30th April, 2021, Jakarta Indonesia.

Smirnova, Zh., Svadbina, T., Shmeleva, N., Kutepova, L., Vaganova, O. (2020). *Determination of the coefficients of melting, surfacing and loss of electrode metal*. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(7), 3824- 3826.

Допълнителни (заваръчни) материали. Обмазани електроди. Определяне на ефективността, възстановяването на метала и коефициента на стопяване (БДС EN ISO 2401:2018).

Заваръчни допълнителни материали. Обмазани електроди за ръчно електродъгово заваряване на нелегирани и дребнозърнести стомани. Класификация (БДС EN ISO 2560:2020).

Заваряване, спояване с твърд и мек припой, рязане, механично съединяване и залепване. Номенклатура на процесите и числа за символното им означаване (БДС EN ISO 4063:2023).

<https://www.zavodzaelectrodi.com/> (Accessed on 17.07.2023).