FRI-1.417-2-MEMBT-04

POSSIBILITIES FOR PRODUCING EQUAL STRENGTH WELDS OF COPPER WIRE BY COLD PRESSURE WELDING[5]

Assoc. Prof. Danail Gospodinov, PhD
Department of Material Science and Technology,
University of Ruse
Tel.: 082 888 205
E-mail: dgospodinov@uni-ruse.bg

Assist. Prof. Nikolay Ferdinandov, PhD
Department of Material Science and Technology,
University of Ruse
Tel.: 082 888 316
E-mail: nferdinandov@uni-ruse.bg

Abstract: *Cold pressure welding is a method in which joint takes place with pressure and appreciable plastic deformation, without external heating of the joined parts. It is one of the most expedient method for welding of malleable metals and alloys.*

The paper presents results obtained after welding copper wire with different diameters by cold pressure welding of the front parts. The effect of the working modes on the mechanical characteristics of the welds was determined. We propose optimal working modes which allow production of equal strength welds.

Keywords: *Cold Pressure Welding, Copper Wire, Tensile Strength.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Студено-пресовото заваряване (цифров код 48 според БДС EN ISO 4063:2011 – група 4 – методи за заваряване чрез налягане) е метод за съединяване на метали в твърдо състояние вследствие образуването на метални връзки между съединяваните части при съвместното пластично деформиране на детайлите (www.bwe.co.uk/coldweld/). Температурата, при която се осъществява заваряването може да бъде доста ниска и дори отрицателна, което позволява заваряване без промяна на механичните свойства на метала в зоната на заваръчния шев (Akca, E., Gursel, A., 2016; Dubilier, W., 1950). Този метод се явява един от най-рационалните способи за заваряване на пластични метали и сплави.

Методът намира приложение в едросерийното и масовото производство, най-вече в областта на електротехниката в случаите, при които е недопустимо нагряването на заваряваните части (Sahin, M., Ozel, K., 2007). Студено-пресовото заваряване може да се осъществява както в земни, така и в условията на космоса за свързване основно на пластични метали и сплави включително разнородни.

Основните параметри на режима при челно студено-пресово заваряване са излаз на тела и налягане на челюстите. За съжаление в литературата има най-обща информация за тях, която често е и противоречива.

- Максимален излаз на тела - според някои автори при заваряване на медни телове той не трябва да превишава 1.8 пъти диаметъра, а сумарния не повече от 3 пъти диаметъра, а според други излаза трябва да е в рамките на 1,25 пъти диаметъра;
- Големина на налягането (степен на деформация) - определя до голяма степен и качеството на съединението (Ozel, K., Sahin, M., Akdogan, A., 2008; Стройман, И., 1985).

[5] Докладът е представен на пленарната сесия на 28 октомври 2017 с оригинално заглавие на български език: ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА РАВНОЯКИ СЪЕДИНЕНИЯ ОТ МЕДНИ ТЕЛОВЕ ЧРЕЗ СТУДЕНО-ПРЕСОВО ЗАВАРЯВАНЕ

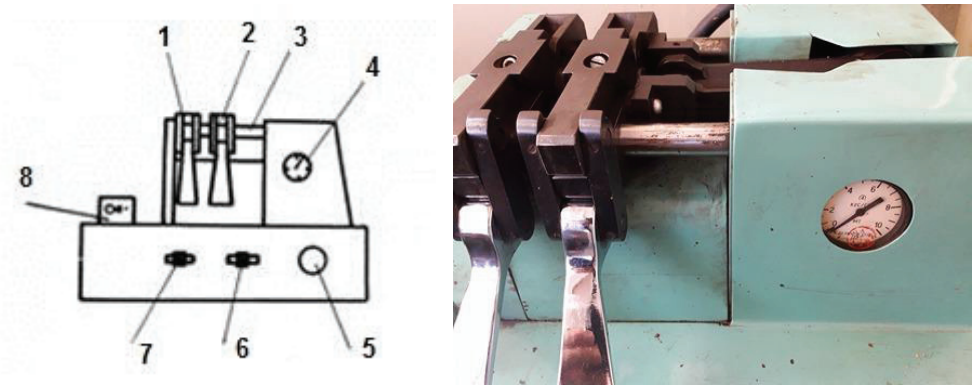
В много случаи студено-пресовото заваряване се оценява главно по резултатите при изпитване на опън, което е недостатъчно. За това е необходимо оценката на качеството на съединението да става чрез огъване. Ако в съединението има микродефекти те могат да станат концентратори на напрежение и да доведат до разрушаване на съединението. Образците издържали изпитване на огъване биха издържали и изпитване на опън, но ако не се разруши при опън това не означава, че няма да се разруши при огъване. Под якост на съединението при челно студено пресово заваряване трябва да се разбира съединение, което би издържало не само на опън, но и на огъване (Стройман, И., 1985).

ЦЕЛ

Да се определят оптимални режими за получаване на равнояки съединения при челно студено-пресово заваряване на медни телове с диаметър Ø 2,25mm; Ø 2,76mm; Ø 3,56mm.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За осъществяване на изследванията е използвана машина за челно студено-пресово заваряване МСХС 5-3 (фиг. 1), позволяваща да се заваряват медни телове с напречно сечение 2÷20mm^2. Използвани са медни телове с диаметър 2,25mm (4mm^2); 2,76mm (6mm^2) и 3,56mm (10mm^2). Пробните тела са с дължина 70mm. Теловете са от електротехническа мед Cu-ETP с чистота до 99,93%.



Фиг. 1. Схема и общ вид на машина за челно студено-пресово заваряване МСХС 5-3
1- Неподвижна челюст; 2- Подвижна челюст; 3- Силов привод; 4- Манометър; 5- Вентил за регулиране на налягането; 6, 7- Устройства за управление на челюстите и отрезното устройство; 8- Отрезно устройство.

За заваряване на теловете са използвани различни режими на работа (сила на притискане и едностранен излаз на тела), съобразени с диаметъра на пробните тела. Същите са описани по-долу в таблица 1. Режимите са избрани на база на литературни данни и след провеждане на предварителни експерименти.

С всеки един режим на работа са заварявани по 5 пробни тела, които след това са подложени на механични изпитвания. Проведени са изпитване на огъване съгласно БДС EN ISO7799:2001 и изпитване на опън с помощта на универсална изпитвателна машина INSTRON 3384 при скорост на движение на челюстите 5mm/min съгласно БДС EN ISO 6892:2016 (фиг. 2а,б).

Подготвени са напречни макрошлифове (фиг. 2в) с цел онагледяване на макроструктурата. За проявяването е използван разтвор на 100ml етилов алкохол, 25ml концентрирана солна киселина (HCl) и 5g железен трихлорид ($FeCl_3$).

Таблица 1. Резултати от механичните изпитвания

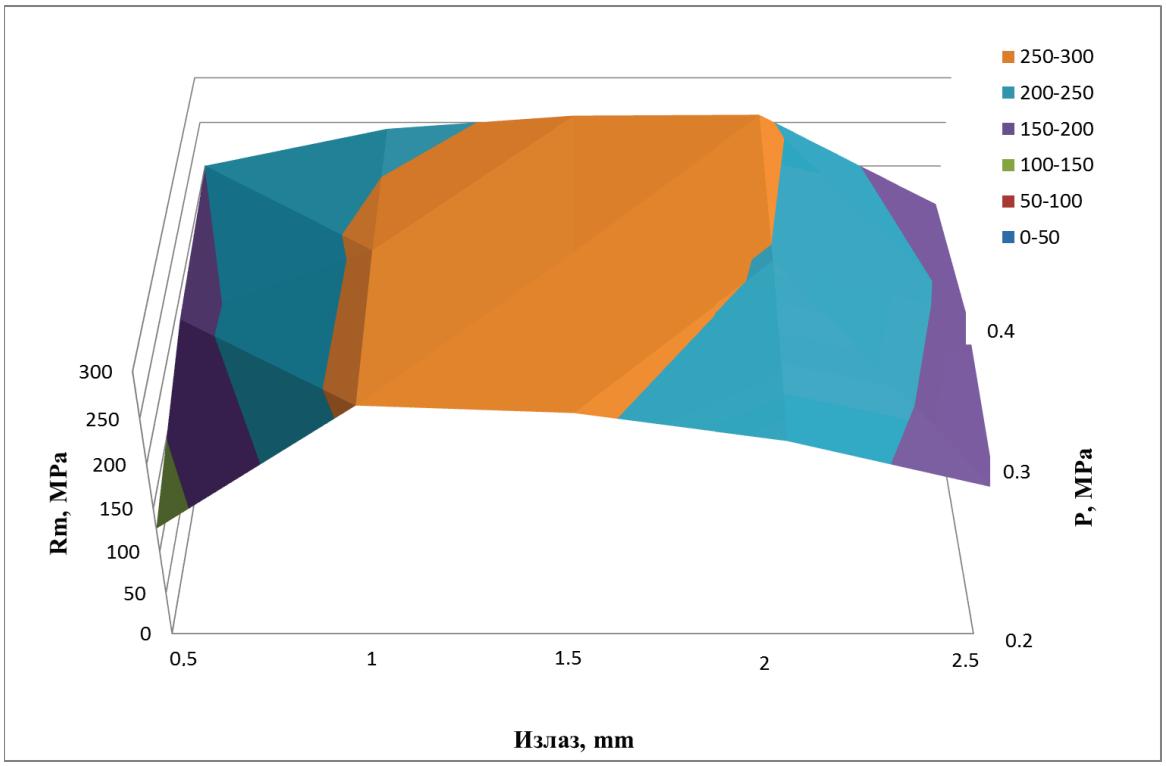
Диаметър на тела Ø, mm	Едностранен излаз на тела, mm	Налягане на челюстите, MPa	Средна якост на опън Rm, MPa	Място на разрушаване при опън	Място на разрушаване при огъване
2,25	0.5	0,2	126,8	XXXX	X
		0,3	182,7	XXXX	X
		0,4	200,2	XXXX	X
	1,0	0,2	264,1	OOOO	O
		0,3	260,1	OOOO	O
		0,4	242,8	OOOX	O
	1,5	0,1	262,6	OOOO	O
		0,2	256,1	OOOO	O
		0,3	258,6	OOOX	O
		0,4	257,8	OOOX	O
		0,5	267,2	OOOO	O
	2,0	0,2	225,7	OOOX	O
		0,3	249,0	OOOO	O
		0,4	258,8	OOOO	O
	2.5	0,2	173,6	XXXX	X
		0,3	189,0	XXXO	X
		0,4	154,8	XXXX	X
2,76	1.0	0.3	133,9	XXXX	X
		0,4	156,0	XXXX	X
		0,5	170,7	XXXX	X
	1,5	0,3	247,1	OOOO	O
		0,4	242,1	OOOX	O
		0,5	245,7	OOOX	O
	2,0	0,1	251,8	OOOO	O
		0,2	262,2	OOOO	O
		0,3	263,7	OOOO	O
		0,4	245,3	OOOO	O
		0,5	247,2	OOOO	O
	2,5	0,3	257,2	OOOO	O
		0,4	249,3	OOOO	O
		0,5	245,6	OOOO	O
	3.0	0,3	135,5	XXXX	X
		0,4	77,1	XXXX	X
		0,5	124,0	XXXX	X
3,56	2,0	0,4	160,1	XXXX	X
		0,5	165,6	XXXX	X
		0,6	135,4	XXXX	X
	2,5	0,4	252,1	OOOO	O
		0,5	255,3	OOOO	O
		0,6	253,0	OOOO	O
	3,0	0,2	253,7	OOOX	O
		0,3	254,9	OOOO	O
		0,4	252,1	OOOO	O
		0,5	252,0	OOOO	O
		0,6	251,4	OOOO	O
	3,5	0,4	260,3	OOOO	O
		0,5	259,2	OOOO	O
		0,6	257,0	OOOO	O
	4,0	0,4	109,7	XXXX	X
		0,5	213,6	XXXX	X
		0,6	131,4	XXXX	X

Легенда: X – Пробното тяло е разрушено в мястото на заваряване; O - Пробното тяло е разрушено извън мястото на заваряване

а) б) в)

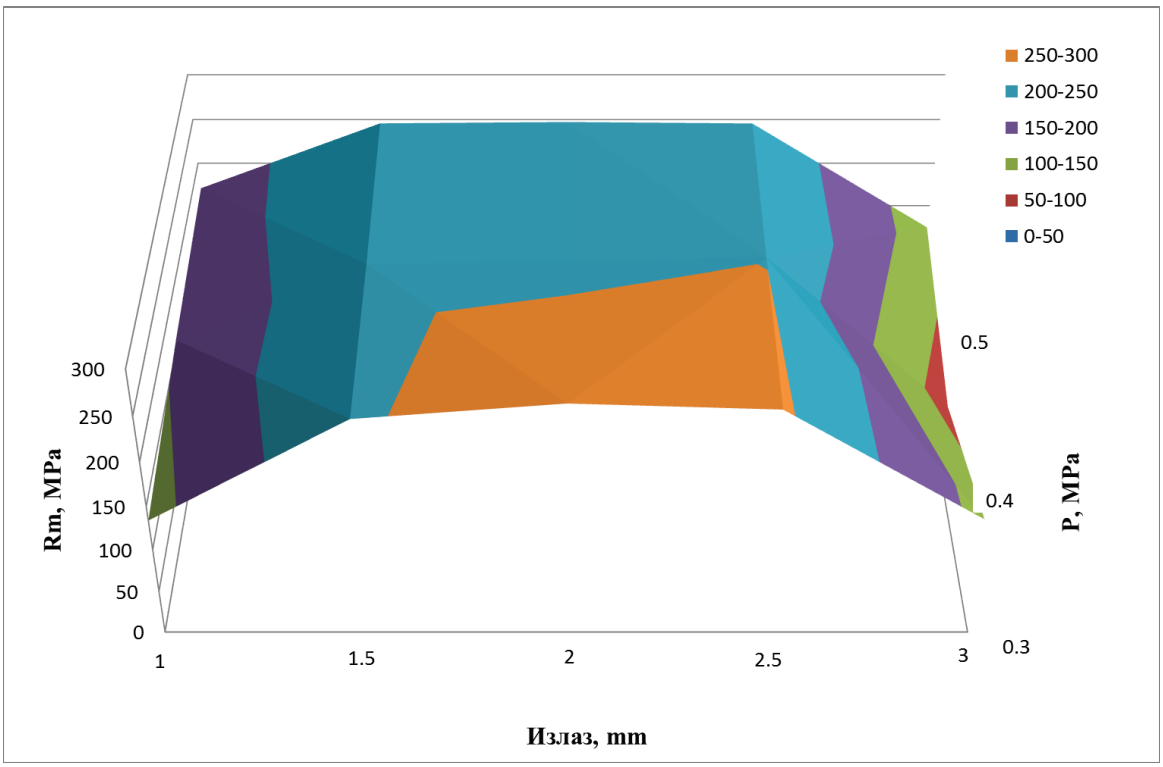
Фиг. 2. Схеми на изпитване на огъване (а), опън (б) и напречен макрошлиф (в)

По-долу са показани графичните зависимости от получените резултати.



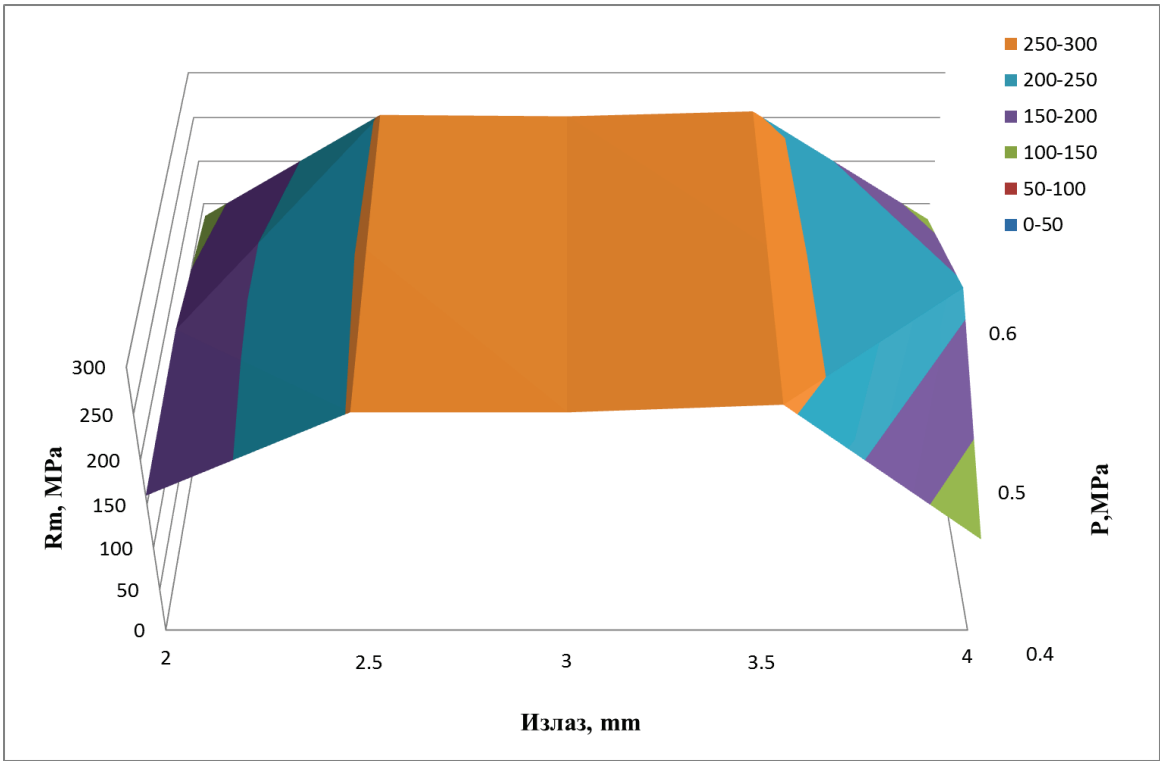
Фиг. 3. Влияние на излаза и налягането върху якостта на опън при телове с диаметър Ø 2,25mm

От фигура 3 се вижда, че максимална якост и съответно равнояки заварени съединения се получават при излази: 1,0; 1,5 и 2,0mm, а минимални при излази 0,5 и 2,5mm. В този случай всички пробни тела са разрушени след проведените механични изпитвания в мястото на заваряване (табл. 1). При оптималните излази якостта е максимална и не зависи от налягането. Тук големият излаз води до изкълчване на заваряваните части и съответно несиметрично деформиране, а малкият до малка степен на деформация. От таблица 1 се вижда, че при постоянен излаз 1,5mm якостта на заварените съединения е максимална, независимо от налягането, което варира в границите от 0,1 до 0,5MPa.



Фиг. 4. Влияние на излаза и налягането върху якостта на опън при телове с диаметър Ø 2,76mm

По подобен начин стоят нещата и при телове с диаметър Ø 2,76mm, където якостта основно зависи от излаза. Максимална такава се получава при излаз от 1,5 до 2,5mm, а минимална при 1,0 и 3,0mm. При оптимален излаз 2,0mm якостта на съединението е максимална независимо от налягането на челюстите.



Фиг. 5. Влияние на излаза и налягането върху якостта на опън при телове с диаметър 3,56mm

От фигура 5 се вижда, че оптималният излаз тук е в рамките на 2,5 до 3,5mm, като в тези случаи е налице равнояко заварено съединение. При по-малък или по-голям излаз разрушаването става в мястото на заваряване. За получаването на качествено съединение може да се използва налягане вариращо в рамките на 0,2…0,6MPa.

ИЗВОДИ

1. В рамките на работата експериментално са изследвани и са получени оптимални режими на работа за челно студено-пресово заваряване на медни телове с различен диаметър, при които са налице равнояки съединения;
2. Опитно получени са връзките между излаза на заваряваните части, налягането на челюстите и якостта на получените съединения.
3. Установено е, че върху якостта на заварените съединения основно влияние при така избраните параметри на режима оказва излаза на тела (големината на деформацията), докато налягането на челюстите почти не влияе. Това позволява да се използват щадящи за машината режими, при които налягането е минималното допустимо за съответния диаметър на тела.
4. От проведените механични изпитвания е установено, че пробните тела издържали технологично изпитване на огъване се разрушават извън мястото на заваряване и след изпитване на опън. Това позволява оценяването на качеството на завареното съединение да става само с изпитване на огъване.

REFERENCES

Akca, E., Gursel, A. (2016). *Solid State Welding and Application in Aeronautical Industry*. Periodicals of Engineering and Natural Sciences. Vol. 4 No. 1. ISSN 2303-4521.

Dubilier, W. (1950). *Cold welding*. Fortune. September.

Ozel, K., Sahin, M., Akdogan, A. (2008). *Mechanical and Metallurgical Properties of Aluminium and Copper Sheets Joined by Cold Pressure Welding*. Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering 5411, p.796-806. UDC 621.791.1.

Sahin, M., Ozel, K. (2007). *Cold pressure welding and its application to Aluminium sheets*. METAL 2007. 22-24.5.2007, Hradec nad Moravicí.

Стройман, И. (1985). *Холодная сварка металов*. Машиностроение. 219с.

БДС EN ISO 4063:2011

www.bwe.co.uk/coldweld/