

## **ВПЛИВ ДІАМЕТРА ЕЛЕКТРОДНИХ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ**

**М.М. Студент**, *д-р. техн. наук, ст.н.с.,*

**М.Я. Головчук**, *канд. техн. наук, ст.н.с.,*

**В.М. Гвоздецький**, *канд. техн. наук, ст.н.с.,*

*Фізико-механічний інститут ім.Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Україна*

**С.І. Маркович**, *канд. техн. наук, доц.,*

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

**Г.П. Похмурська**, *д-р. техн. наук, проф.,*

*Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна*

Метод електродугового напилювання покриттів технологічно простий не потребує дороговартісного обладнання та легко може бути впроваджений у виробництво. Порошкові дроти (ПД), які використовуються як витратні електродні матеріали дозволили отримувати покриття із високими фізико-механічними, трибологічними характеристиками, зносостійкістю та газообразивною зносостійкістю і за кімнатних, і за підвищених температур. Порошкові дроти для ЕДП виготовляються в сталевій, нікелевій та алюмінієвій оболонках як правило діаметром 1,6 - 1,8 мм. Вважається, що покриття із ПД більшого діаметру з меншим ущільненням шихти мають суттєво гірші характеристики ніж покриття із дроту діаметром 1.6 мм. Однак дослідження, які б обґрунтували таку відмінність, не проводилися. Водночас ПД більшого діаметру можуть містити більше шихтових матеріалів, а, значить, дають змогу одержувати більш леговані покриття. Однак досліджень, які б показували вплив діаметра ПД та продуктивності напилювання покриттів на фізико-механічні характеристики покриттів, у світовій літературі немає. Це стримує розвиток методу електродугового напилювання покриттів не дає змоги створювати нові ПД із підвищеним вмістом легувальних елементів.

Експериментальні результати: Для напилювання покриттів використовували ПД базових систем легування Fe–Cr–C–W діаметром 1,6 та 2,4 мм (рис. 1, табл. 1), тиск повітряного струменю 0,4 МПа, напруга дуги 30В.

Таблиця 1 – Хімічний склад використаних модельних порошкових дротів

Марка ПД	Ø ПД, мм	Вміст елементів, мас. %									
		Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	B	V	Mo	W
50XH2ГР5С	1,6	90,6	0,55	0,19	1,09	0,20	1,38	5,95	-	-	-
	2,4	91,1	0,45	0,30	1,20	0,22	1,75	4,96	-	-	-
250X21ВФГС	1,6	74,4	2,80	0,30	0,39	21,1	-	-	0,60	-	0,40
	2,4	74,00	2,51	0,62	0,38	21,4	-	-	0,52	-	0,55
50X6Г2МС	1,6	91,7	0,41	0,40	1,56	5,4	-	-	-	0,50	-
	2,4	90,6	0,47	0,40	1,40	6,6	-	-	-	0,51	-



Рисунок 1 – Поперечний переріз порошкових дровів діаметром 1,6 (а) та 2,4 (б) мм

Мікротвердість покриттів визначали на приладі ПМТ-3 при навантаженні на індентор 1 Н з витримкою під навантаженням 30с. (ГОСТ 9450-76). Адгезію покриттів до сталевій основи визначали і склеюванням. покриттів визначали методом просочуванням гасом, який проникає у відкриті пори покриття. Відкрити пористість визначали за об'ємом гасу, що проник у пори покриття при просочуванні поділений на його питому вагу.

Встановили, що із збільшенням діаметра ПД та струму дуги об'єм розплавленого металу на торцях ПД збільшувався і тому повітряний струмінь диспергував його на краплини більшого діаметру. Як наслідок у покриттях всіх систем легування товщина ламелей (як структурна ознака покриттів) зростала (рис. 2).

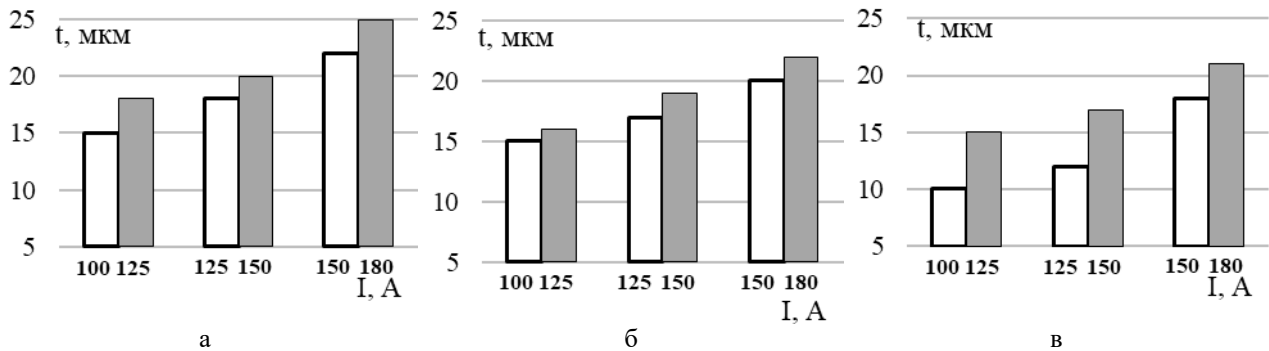


Рисунок 2 – Залежність товщини ламелей  $t$  у покриттях з ПД 50X6Г2МС (а), ПД 250X21ВФГС (б) та ПД 50ХН2Р5ГС (в) залежно від продуктивності напилювання покриттів (за величиною струму), отриманих з ПД діаметром 1,6 (світлі стовпчики) та 2,4 (темні стовпчики) мм

Поруватість покриттів всіх систем легування зростала із збільшенням товщини ламелей у структурі напилених покриттів і, відповідно, діаметра ПД (рис. 3). Така закономірність зумовлена зростанням діаметра краплин, які формували покриття. Із збільшенням діаметра краплин при ударі об поверхню напилювання відбувалося інтенсивне їх розбризування, що зумовило виникнення мікропорожнин між ламелями у структурі покриттів.

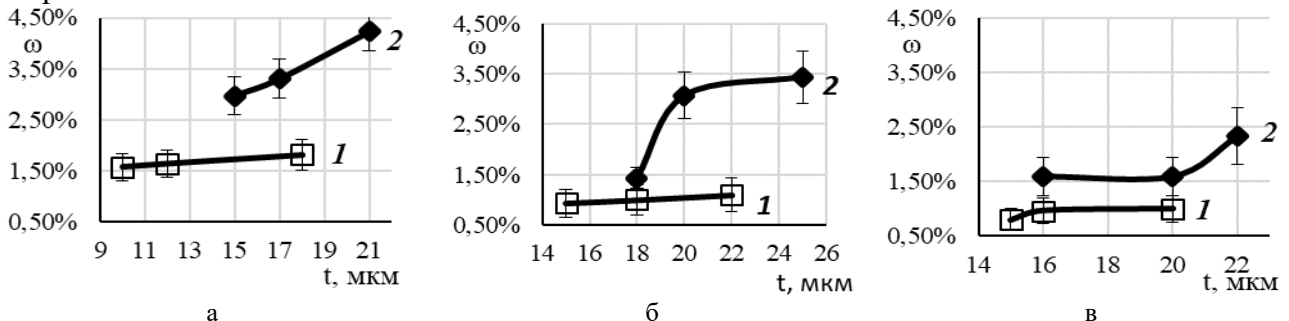


Рисунок 3 – Вплив товщини ламелей  $t$  у структурі покриттів із ПД 50ХН2Р5ГС (а), ПД 50X6Г2МС (б) та ПД 250X21ВФГС (в) діаметром 1,6 (1) та 2,4 (2) мм на поруватість покриттів  $\omega$

Встановили, що мікротвердість покриттів із ПД 50X6Г2МС та ПД 50ХН2Р5ГС зростала із збільшенням товщини ламелей у структурі покриттів, що особливо яскраво проявилось за використання для напилювання ПД більшого діаметра (рис. 4 а, б). Це пояснили випаровуванням та вигоранням легувальних елементів із краплин, особливо вуглецю під час їх розпилювання. Із збільшенням діаметра краплин кількість вуглецю, що

вигорів з краплин зменшувалася. А вищий вміст вуглецю у мартенситній матричній фазі покриттів відповідав за підвищення їх мікротвердості.

Разом з тим в покриттях із ПД 250Х21ВФГС виявили протилежну тенденцію впливу товщини ламелей на мікротвердість за використання дроту більшого діаметру (рис. 4в). Це зумовлено фазовим складом цих покриттів, а саме значною кількістю залишкового аустеніту в них, якому властива нижча мікротвердість, ніж високовуглецевому мартенситу. З дрібних краплин, що формувалися під час розпилювання ПД меншого діаметру, вуглецю вигоряло значно більше, а значить і вміст аустеніту у ламелях покриття був нижчим, а мартенситу - вищим.

Адгезія покриттів із ПД50ХН2Р5ГС та ПД250Х21ВФГС дещо зменшувалася із зростанням товщини ламелей у структурі покриттів, спричиненої особливо за використання ПД більшого діаметра (рис. 5а, б). Це зумовлено виникненням у напилених покриттях напружень розтягу. Внаслідок їх впливу в покриттях виникали мікротріщини або навіть формувалася їх мережа, що суттєво знижувало їх адгезію до сталевій основи. Для покриття із ПД 50Х6Г2МС виявили обернену закономірність (рис. 5в).

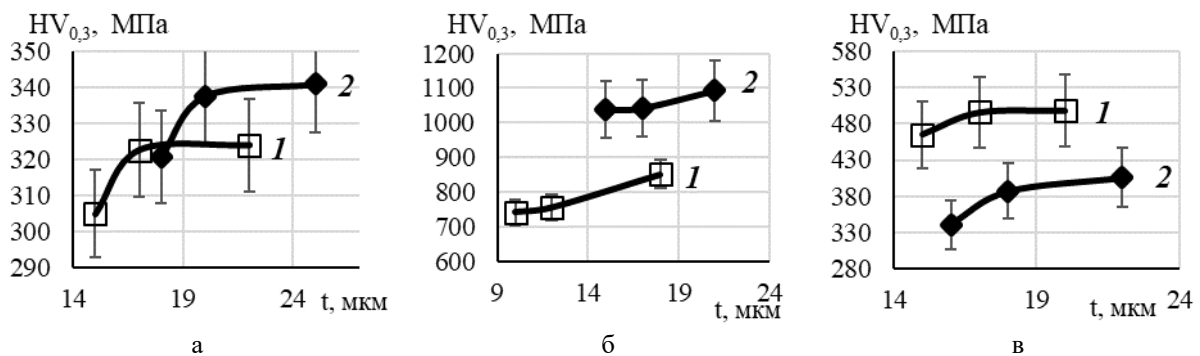


Рисунок 4 – Вплив товщини ламелей  $t$  у структурі покриттів із ПД 50Х6Г2МС (а), ПД 50ХН2Р5ГС (б) та ПД 250Х21ВФГС (в) діаметром 1,6 (1) та 2,4 (2) мм на їх мікротвердість  $HV_{0,3}$

Із збільшенням товщини ламелей у структурі покриття та діаметра ПД його адгезія до сталевій основи зростала. Це пояснили більшою тепловою енергією краплин, меншим вигорянням вуглецю із них та формуванням покриттів із матричною фазою високовуглецевого мартенситу. Чим більше вуглецю у мартенситі, тим менший коефіцієнт термічного розширення покриття, що зумовлює менший рівень залишкових напружень розтягу в ньому.

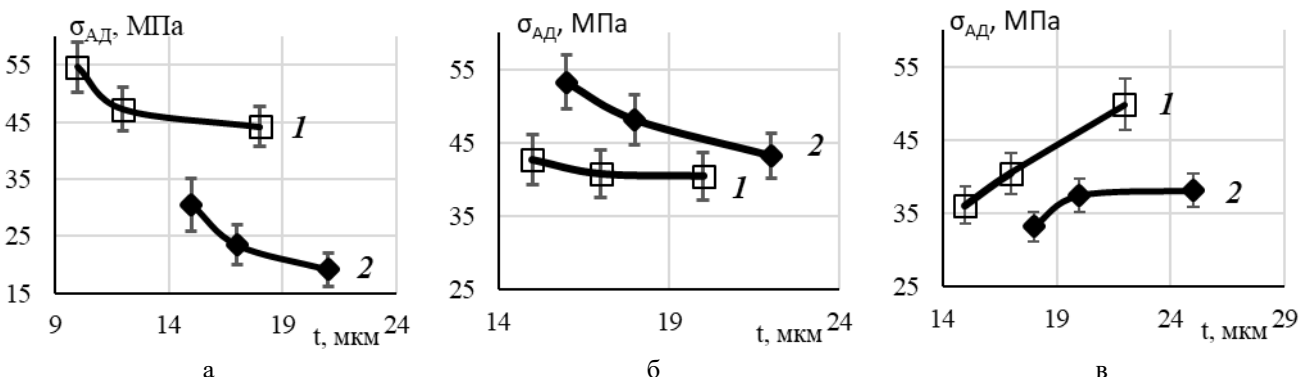


Рисунок 5 – Вплив товщини ламелей  $t$  у структурі покриттів із ПД 50ХН2Р5ГС (а), ПД 250Х21ВФГС (б) та ПД 50Х6Г2МС (в) діаметром 1,6 (1) та 2,4 (2) мм на їх адгезію  $\sigma_{ад}$  до сталевій основи

### Висновки:

1. Встановлено, що поруватість покриттів всіх систем легування зростала із збільшенням діаметра ПД та товщини ламелей під час напилування покриттів. Така закономірність зумовлена зростанням діаметра краплин, які формують покриття. Із

збільшенням діаметра краплин при ударі об напилювану поверхню відбувається інтенсивне їх розбризкування, що зумовлює виникнення мікропорожнин між ламелями покриттів.

2. Показано, що мікротвердість покриттів всіх систем легування також зростає із збільшенням діаметра ПД та товщини ламелей під час їх напилювання. Це зумовлено випаровуванням та вигорянням легувальних елементів із краплин, особливо вуглецю під час їх напилювання. Із збільшенням діаметра краплин кількість вуглецю, що вигорів із краплин зменшується. Більший вміст вуглецю у мартенситній матричній фазі покриттів приводить до підвищення їх мікротвердості.

3. Адгезія покриттів із ПД250Х21ВФГС та ПД50ХН2Р5ГС дещо зменшується із збільшенням діаметра ПД та товщини ламелей. Це зумовлено виникненням напружень розтягу у напилених покриттях. При цьому у покритті виникають мікротріщини або їх мережа, які суттєво знижують адгезію покриттів до сталеві основи. Для покриття із ПД50Х6МГ2С встановили обернену залежність. Із збільшенням товщини ламелей та діаметра ПД адгезія покриття до сталеві основи зростає. Це зумовлено більшою тепловою енергією краплин, меншим вигорянням вуглецю із них та формуванням покриттів із матричною фазою високовуглецевого мартенситу.