

ЗНОСО- І КОРОЗІЙНА ТРИВКІСТЬ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИВІВ, НАПИЛЕНИХ ПОРОШКОВИМИ ДРОТАМИ СЕРІЇ STEIN-MESYFIL

Ю. ГАРГАСАС¹, І. ГЕДЗЕВІЧУС¹, Г. ПОХМУРСЬКА², Б. ВІЛАГЕ²,
Т. ЛАМПКЕ², Р. РОЗЕРТ², Н. ЧЕРВІНСЬКА³

¹ Гедімінас технічний університет, Вільнюс, Литва;

² Технологічний університет м. Хемніц, Німеччина;

³ Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

Досліджено вплив хімічного складу та режимів напилення електродугових покривів із порошкових дротів серії Stein-Mesyfil, зокрема 953V, 932V, 954V, 957V на їх абразивну зносотривкість і корозійні характеристики. Встановлено, що найменшу поруватість і найбільший опір абразивному зношуванню мають усі покриви, одержані за струму горіння дуги 350 А, найбільш зносотривкими є покриви з дротів 932V і 957V. Не зафіксовано впливу хімічного складу та режимів напилення на електрохімічні властивості покривів у 3%-му розчині натрію хлориду.

Ключові слова: електродуговий покрив, порошковий дріт, абразивна зносотривкість, корозійна тривкість.

Газотермічне напилення металевих покривів широко використовують у різних галузях техніки для захисту поверхні деталей від зношування та корозії. Основними перевагами електродугової металізації є низькі витрати на процес, висока продуктивність зі збереженням якості напилених шарів. Сприяють їй застосуванню нові витратні матеріали у вигляді порошкових електродних дротів, удосконалені обладнання та технології напилення захисних і відновних покривів. Газотермічним покривам властиві значна структурна та хімічна гетерогенність, підвищений вміст пор і оксидів різних металів, внаслідок чого, як правило, знижується корозійна тривкість і по-різному змінюється їх опірність зношуванню, зокрема абразивному [1–8].

Нижче вивчено вплив хімічного складу та режимів напилення електродугових покривів із порошкових дротів (ПД) серії Stein-Mesyfil на їх абразивну зносотривкість та корозійну тривкість.

Матеріали та методика. Досліджували ПД діаметром $\varnothing 1,6$ mm (табл. 1). Напилювали покриви за допомогою стаціонарного електродугового металізатора і джерела живлення Kemppi ProEvolution за струмів 320; 350 або 380 А. Робоча напруга дуги 30...38 V. Перед напиленням пластину зі сталі Ст3сп знежирювали та піддавали дробиноструменевій обробці. Середня товщина покриву 600...1000 μm . Пластини розрізали на зразки розміром 150×25 mm і вивчали їх опір абразивному зношуванню та корозійну тривкість. Мікротвердість HV 0,1 і HV 0,3 вимірювали стандартним мікротвердоміром. Абразивну зносотривкість напилених шарів визначали на установці ASTM G65, в якій гумове колесо контактує з поверхнею зразка, а потік частинок абразиву напрямлений зверху до проміжку між ним і поверхнею [9]. Колесо обертається до потоку абразиву. Швидкість ковзання визначали за формулою ωR , де ω – кутова швидкість колеса, а R – його радіус [10].

Абразивом слугував кварцевий пісок AFS фракції 50/70 μm , рекомендований для випробування за сухого тертя стандартом ASTM G65. Витрати піску – від 300 до 400 g/min. Розмір зразків 40×27×3 mm. Втрату їх маси визначали ваговим методом [9, 11].

Таблиця 1. Хімічний склад порошкових дротів і параметри режиму напилювання

ПД Stein- Mesyfil	Елементи, mass. %						Параметри напилення		
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	№ експерименту	Струм, А	Напруга, V
932V	0,5	1,1	0,3	0,3	4,8	1,5	1	320	31
							2	350	36
							3	380	38
954V	1,3	0,8	1,4	6,5	–	–	1	320	30
							2	350	36
							3	380	33
953V	0,5	1,5	0,6	6,0	0,5	–	1	320	31
							2	350	34
							3	380	32
957V	2,0	0,8	0,26	22,61	–	–	1	320	30
							2	350	32
							3	380	32

Оцінювали чотири види покривів (за 12 режимів напилення) з різною твердістю. Час зношування визначали згідно зі стандартом за зусилля притиску гумового колеса до зразка 130 N, що рекомендовано для промислових матеріалів [11]. Електрохімічні дослідження виконували за кімнатної температури за триелектродною схемою, використовуючи потенціостат ПИ-50-1. Робочими електродами були досліджувані зразки. Електрод порівняння – насичений хлоридсрібний, а допоміжний – платиновий. Корозивне середовище – 3%-й розчин NaCl. Для металографічного аналізу зразків застосовували оптичний та сканівний електронні мікроскопи.

Результати та їх обговорення. Металографічним аналізом виявили, що покриви мають ламелярну будову, характерну для газотермічних покривів. Середня їх товщина 695...1000 μm . Для прикладу на рис. 1 зображено мікроструктуру електродугового покриву із ПД 957V, напиленого за різного струму. Загалом залежно від хімічного складу та режиму напилення у покривах міститься від 3,4 до 15,2% оксидної фази та від 1,2 до 4,4% пор. Для усіх дротів режим напилення за сили струму 350 А забезпечує мінімальну поруватість та меншу кількість оксидної фази (табл. 1). З її зниженням до 320 А, як і з підвищенням до 380 А, ці характеристики погіршуються.

Зі збільшенням вмісту оксидів властивості покривів змінюються: з одного боку, підвищується твердість, а з іншого – збільшується кількість пор, чужорідних включень, що може послабити зчеплення покриву з основою та сприяти його розтріскуванню [7]. Встановлено (табл. 1), що за меншого навантаження мікротвердість HV 0,1 окремих ламелей вища, ніж HV 0,3, яку визначали за більшого

навантаження на індентор. Середнє значення твердості залежить від хімічного складу покриття: зменшується на 15% у покритті з ПД 932V проти ПД 954V, і на 30% у покритті з ПД 957V порівняно з покритвом з ПД 932V (табл. 1).

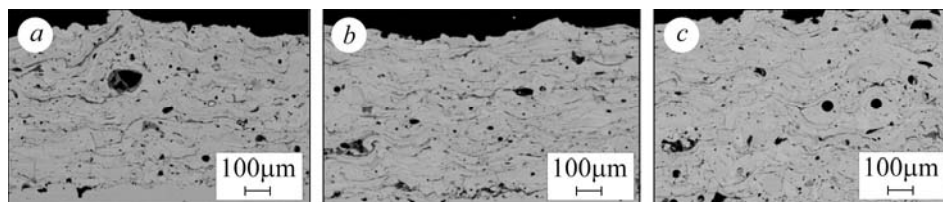


Рис. 1. Мікроструктура покриття з ПД 957V, напиленого за струму 320 (a), 350 (b) і 380 А (c).

Fig. 1. Microstructure of the thermal sprayed cored wire coating 957V under current 320 A (a) ; 350 A (b) and 380 A (c).

Абразивну зносотривкість покриттів визначали за навантаження 130 N упродовж 30; 300 і 600 с (рис. 2). Результати усереднювали після декількох вимірювань з похибкою 3%. Покриття, напилені за струму 350 А (табл. 2), мають найменші втрати маси, мінімальні поруватість і вміст оксидної фази, а також найвищу твердість HV 0,3.

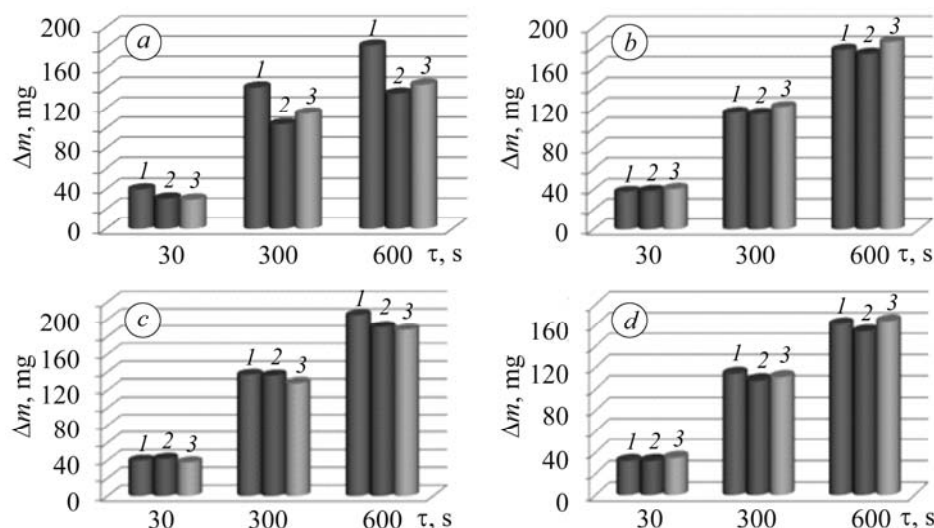


Рис. 2. Абразивна зносотривкість напилених покриттів: a – 932V; b – 953V; c – 954V; d – 957V; 1 – 3 – номери експериментів (див. табл. 1).

Fig. 2. Wear resistance of sprayed coatings: a – 932V ; b – 953V ; c – 954V ; d – 957V ; 1 – 3 – numbers of experiments (see table 1).

Під час електрохімічних випробувань у 3%-му розчині натрію хлориду (табл. 2) виявили, що електродні потенціали покриттів знаходяться в околі $-0,5$ V (для ПД 957V – $-0,6$ V), а струми корозії становлять $0,015 \dots 0,035$ mA/cm². Відсутність впливу хімічного складу та режиму напилення на електрохімічні параметри покриттів можна пояснити їх поруватістю, оскільки крізь пори корозивне середовище проникає до сталевій основі, і встановлюється компромісний потенціал, значення якого мало відрізняється для усіх покриттів.

Таблиця 2. Мікротвердість, абразивна зносотривкість і електрохімічні характеристики покриттів

Напилені шари із ПД Stein-Mesyfil	№ експерименту	Твердість		Поруваність, %	К-сть оксид. фази	Втрата маси, mg	E_{st} , V	i_{corr} , mA/cm ²
		HV 0,1	HV 0,3					
932V	1	724	556	3,5	10,9	199	-0,513	0,03485
	2	806	604	1,9	5,6	145	-0,478	0,03189
	3	836	591	2,3	7,0	167	-0,464	0,01616
953V	1	582	462	3,1	15,2	178	-0,49	0,01513
	2	643	480	1,5	7,9	174	-0,494	0,01717
	3	666	501	3,1	11,9	186	-0,487	0,0276
954V	1	714	494	3,0	10,1	205	-0,503	0,02318
	2	749	505	2,7	9,1	190	-0,536	0,02973
	3	777	508	4,5	10,5	188	-0,486	0,02315
957V	1	1362	1184	2,7	4,8	161	-0,63	0,01743
	2	1413	1192	1,2	3,7	155	-0,615	0,02346
	3	1479	1234	3,1	3,4	164	-0,61	0,03558

Для підвищення корозійної тривкості поруватих газотермічних покриттів рекомендують [2] просочувати їх різними оливами, полімерними матеріалами, інгібованими середовищами або оплавити високоенергетичними джерелами нагріву.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що найменшу поруватість і найбільший опір абразивному зношуванню мають усі покритви із ПД серії Stein-Mesyfil, сформовані за струму горіння дуги 350 А; втрата їх маси під час абразивного зношування корелює зі зменшенням поруватості та вмістом оксидної фази; найбільш зносотривкі покритви з дротів 932V і 957V; впливу хімічного складу та режимів напилення на електрохімічні властивості покриттів у 3%-му розчині натрію хлориду не виявлено, очевидно, через їх поруватість, внаслідок чого середовище проникає до основи, яка бере участь у формуванні електрохімічних характеристик.

РЕЗЮМЕ. Изучено влияние химического состава и режимов напыления электродуговых покрытий из порошковых проволок серии Stein-Mesyfil, в частности 953V, 932V, 954V, 957V на их абразивную износостойкость и коррозионные свойства. Установлено, что наименьшую пористость и наибольшее сопротивление абразивному износу имеют все исследованные покрытия, полученные при токе горения дуги 350 А, наиболее износостойкими оказались покрытия из проволок 932V и 957V. Не выявлено влияния химического состава и режимов напыления на электрохимические свойства покрытий в 3%-ом растворе натрия хлорида.

SUMMARY. The paper presents the influence of chemical composition and spray conditions of electric-arc coatings made of cored wires Stein-Mesyfil, in particular 953V, 932V, 954V, 957V on their abrasive-and corrosion-resistance characteristics. It is established that the least porosity and the greatest wear-abrasive resistance possess coatings under burning current of 350 А. Coatings made of of 932V and 957V are the most wear-resistant. No influence of

chemical composition and spray conditions on the electrochemical properties of coatings in 3% sodium chloride solution was found.

1. *Gedzevicius I. and Valiulis A. V.* Analysis of wire arc spraying process variables on coatings properties // *J. of Mat. Proc. Tech.* – 2006. – **175**, № 1–3. – P. 206–211.
2. *Електродугові відновні та захисні покриття* / В. І. Похмурський, М. М. Студент, В. М. Довгуник та ін. – Львів: Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка НАН України, 2005. – 192 с.
3. *ASM Handbook*, Volume 5A: Thermal Spray Technology / Editor: Robert C. Tucker, Jr. // ASM Thermal Spray Society, 2013. – 412 p.
4. *Bach F. W., Laarmann A., and Wenz T.* Fundamentals of Thermal Spraying, Flame and Arc Spraying // *Modern Surface Technology.* – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Fairford, United Kingdom, 2006. – P. 119–136.
5. *Relationships* between microstructure and electrical properties of RV and DC plasma-sprayed titania coatings / N. Branland, E. Meillot, P. Fauchais et al. // *J. Therm. Spray Technol.* – 2006. – 15/1. – P. 53–62.
6. *Comparison* of hardmetal and hard chromium coatings under different tribological conditions / A. Wank, B. Wielage, H. Pokhmurska et al. // *Surface Coatings and Technologies.* – 2006. – **201**, № 5. – P. 1975–1980.
7. *Pawlowski L.* The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings. – John Wiley & Sons Ltd, Hoboken, NJ, 2008. – P. 79–105.
8. *Thermal Spray Coatings: Properties, Processes and Applications* / C. C. Berndt, J. Karthikeyan, R. Ratnaraj et al. // ASM International, Materials Park, Ohio, USA, 1992. – P. 99–203.
9. *ASTM G65-94.* Standard test method for measuring abrasion using the dry sand/rubber wheel apparatus Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.02, ASTM, Philadelphia, PA. – 1994. – P. 245–256.
10. *Ma X., Liu R., and Li D. Y.* Abrasive wear behavior of D2 tool steel with respect to load and sliding speed under dry sand/rubber wheel abrasion condition // *Wear.* – 2000. – **241**, № 1. – P. 79–85.
11. *ASTM G65-94.* Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus. – 2000. – P. 239–250.

Одержано 24.10.2014