

**О.Й. Мажейка, проф., канд.техн.наук, С.І. Маркович, канд.техн.наук,
Ю.В. Рябоволик, асп.**

Кіровоградський національний технічний університет

Розробка та виготовлення порошкових дротів для нанесення внутрішніх електродугових покриттів, придатних до обробки лезовим інструментом

В статті запропоновано склад порошкових дротів, що дають можливість формувати зносостійкі електродугові покриття мартенситного та карбідного типу зміцнення для відновлення внутрішніх поверхонь деталей. Проведено дослідження їх придатності до механічної обробки лезовим інструментом. **внутрішні електродугові покриття, порошкові дроти, придатність до механічної обробки**

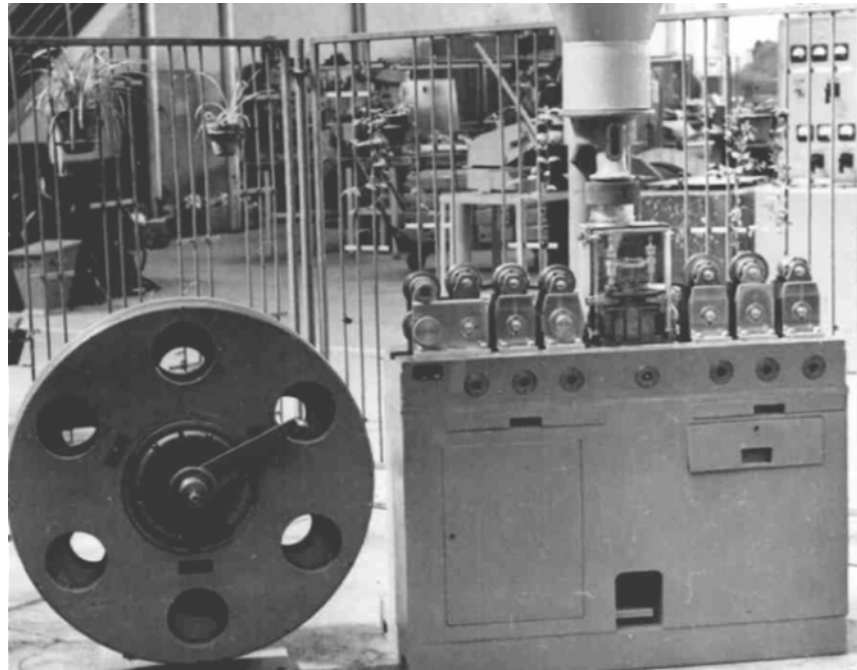
Стан проблеми та постановка задачі. Головною перепоною для широкого застосування електродугового напилення для відновлення внутрішніх поверхонь деталей машин є затруднена обробка покриттів лезовим інструментом. Здебільшого для обробки зносостійких електродугових покриттів застосовується шліфування на спеціальних режимах, що обумовлено високою твердістю та схильністю до тріщини утворення [1,2]. Разом з тим шліфування внутрішніх поверхонь корпусних деталей пов'язано з значними технологічними труднощами, через необхідністю застосування спеціалізованого обладнання та ріжучого інструменту. Обробка внутрішніх покриттів з сталених суцільнотягнутих та порошкових дротів лезовим інструментом викликає певні складнощі через високу зносостійкість покриттів, нерівномірність структури, схильність до утворення тріщин та сколів, низьку чистоту поверхні, наявність оксидних, карбідних та боридних включень [3]. Разом з тим в дослідженнях відсутні дані про створення порошкових дротів, які б забезпечували високу зносостійкість і разом з тим придатність до механічної обробки лезовим інструментом.

Мета дослідження: розробка та виготовлення порошкових дротів для напилення внутрішніх електродугових покриттів, що піддаються обробці лезовим інструментом.

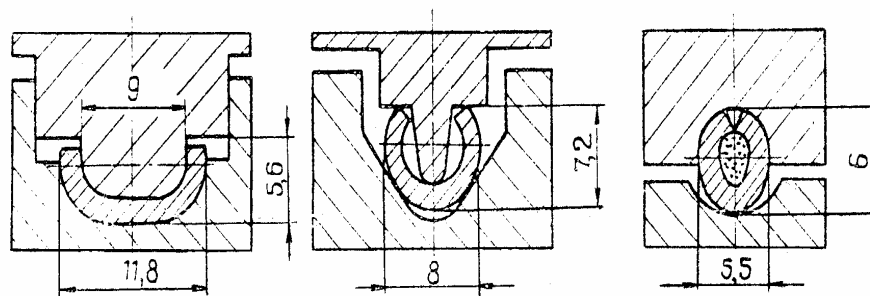
Методика досліджень. Методика виготовлення порошкових дротів. При виготовленні дослідних зразків порошкових дротів в якості металевої обгортки використовували холоднокатану стрічку, а також стрічку холодного плющення Св-08 з поперечним перерізом 0,8-1,0 мм. (товщина) і 8,0- 2,0 мм (ширина). Формування U-подібного профілю, введення в нього порошкової шихти, завальцьовування профілю і його волочіння до заданого діаметру проводили в устаткуванні для загинання профілю, що встановлено в лінії багатобарабанного волочильного стану. Дане устаткування (рис.1. а) має три кліти 1, 2, 3 і дозатор шихти 4, які змонтовано на станині 5. Кожна з клітей устаткування має спеціальні проводки, які забезпечують центрування плющеної стрічки. При розробці калібровки валків клітей (рис. 1.б) виходили з принципу послідовного згинання стрічки і подачі її таким чином, щоб вона центрувалась боковими стінками направляючого жолоба до входу в зону деформації. Описана технологія дозволяла виготовляти дослідні порошкові дроти діаметром 2-4 мм з коефіцієнтом заповнення 100 %. Останній визначали ваговим методом як співвідношення маси порошкового наповнювача Рп до загальної маси

дроту, що включає в себе масу металевої основи P_m і порошкоподібних добавок P_n , тобто

$$K_z = \frac{P_n}{P_m + P_n} 100\% \quad (1)$$



а



б

Рисунок 1 – Установка для загинання профілю (а), схема формовки замкнутого зону профілю (б) при виготовленні порошкового дроту з плоскої заготовки

Методика дослідження придатності до механічної обробки лезовим інструментом. Покриття наносили на зразки із сталі 45 на наступних режимах: $U=32V$, $I=180-200 A$, $P = 0,6 MPa$, $L=150 mm$. Зносостійкість ріжучого інструменту визначали зважуванням різця після проведення механічної обробки циліндричної деталі з покриттям на наступних режимах: частота обертання деталі - 1200 об/хв.; подача різця 0,1 мм/об.; припуск на обробку - 3 мм, глибина точіння - 0,5 мм.; кількість проходів -3; діаметр деталі з покриттям 49 мм.; довжина оброблюваної поверхні - 260 мм.; швидкість різання - 28 м/сек.; час обробки (за 1 прохід) -130 сек.

Результати досліджень. Для одержання покриттів з необхідними властивостями були розроблені порошкові дроти на основі дешевих феросплавів двох груп: при розпиленні порошкових дротів першої групи у покритті реалізується карбідне

зміцнення, а при розпиленні дротів другої групи у покриттях реалізується зміцнення за рахунок мартенситного перетворення.

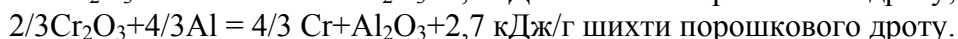
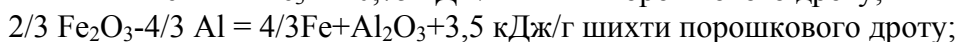
Покриття з карбідним зміцненням. Шихта порошкових дротів такого типу містить порошки високо вуглецевого ферохрому, алюмінію та кремнію. Алюміній та кремній розпиляють область існування α -Fe та обмежують область γ -Fe, а також не дозволяють проходити мартенситному перетворенню у покритті при його кристалізації на поверхні напилуваної деталі.

Розрахунковий склад порошкових дротів приведений у табл.1.

Таблиця 1- Розрахунковий склад порошкових дротів з карбідним зміцненням

№ п/п	Розрахунковий склад порошкових дротів				σ , МПа
	Cr	Al	C	Si	
1	3	16	0,32	2	45
2	4,2	10	0,48	2	42
3	5,6	6	0,64	2	40
4	7	6	0,8	2	40
5	8,5	6	0,96	2	40
6	-	-	0,8	2	24

При плавленні порошкового дроту алюміній взаємодіє у розплаві краплини з проходженням алюмотермічної реакції з виділенням великої кількості тепла



Додаток алюмінію у шихту порошкового дроту сприяє збільшенню контактної температури при ударі краплини об поверхню зразка і, як наслідок, утворення ділянок мікроприварювання напиленого покриття. При цьому суттєво зростає міцність зчеплення покриття із основою.

Покриття з мартенситним зміцненням. Вміст алюмінію у шихті порошкового дроту такого типу не має перевищувати 2%. (табл.2). При збільшенні вмісту алюмінію понад 2% при наявності 2% Si унеможливується мартенситне перетворення у покритті.

Таблиця 2 - Розрахунковий склад порошкових дротів з мартенситним зміцненням

№ п/п	Розрахунковий склад ПД, % мас.						$\sigma_{\text{окр.мах}}$, МПа	HV 200	$\sigma_{\text{зч.}}$, МПа
	Cr	C	Al	Mo	Si	Mn			
6	4,2	0,48	2	-	2	1,5	11	350	35
7	4,2	0,48	2	1	2	1,5	10	360	40
8	5,6	0,64	2	-	2	1,5	4,0	450	35

Додатково в склад наповнювача дослідних зразків порошкових дротів вводили добавки з'єднань легкоіонізуючих елементів і галогенідів лужних і лужно - земельних металів згідно [6].

Властивості покриттів та зносостійкість лезового інструменту при їх обробці. При зростанні вмісту ферохрому у покритті від 20 до 60% вміст вуглецю у порошковому дроті зростає від 0,32 до 0,96, тобто у 3 рази, проте, як показують результати збільшення вмісту вуглецю, несуттєво збільшує твердість покриття (табл.3).

Таблиця 3-Властивості покриттів з порошкових дротів з карбідним типом зміцнення

№п/п	Максимальні окружні напруження розтягу $\sigma_{\text{окр.мах}}$, МПа	Мікротвердість , HV 200
1	35	280
2	42	300
3	42	330
4	42	330
5	46	340

Для покриттів мартенситного типу є властивий низький рівень залишкових напружень розтягу $\sigma_{\text{окр.мах}}$. Це зумовлено тим, що при проходженні мартенситного перетворення у покритті під час його кристалізації на поверхні сталюї основи, об'єм покриття зростає. Зменшений рівень залишкових напружень розтягу, а також наявність 2% алюмінію у покритті забезпечує високу міцність зчеплення покриття з основою (табл 4.).

Таблиця 4 - Властивості покриттів з мартенситним зміцненням

№ п/п	$\sigma_{\text{окр.}}$, МПа	$\sigma_{\text{зч.}}$	Кількість С, % мас.		Мікротвердість, HV 200
			У дроті	У покритті	
6	10	35	0,48	0,3	330
7	10	40	0,48	0,3	330
8	4,0	35	0,64	0,43	450

На відміну від покриттів з карбідним зміцненням, твердість покриттів з мартенситним зміцненням суттєво залежить від вмісту вуглецю у покритті. Так, при збільшенні вмісту вуглецю із 0,48 до 0,64 твердість зростає із 330 HV до 450 HV. В той же час для покриттів з карбідним зміцненням зростання вмісту вуглецю із 0,32 до 0,96 приводять до зростання твердості від 280 HV до 340 HV.

При точінні покриттів з карбідним зміцненням (покр. №1-5) знос різця пропорційний твердості покриття або вмісту ферохрому у ньому (табл.5).

Таблиця 5- Зносостійкість різця при точінні покриттів

№ п/п	Знос різця, г	Мікротвердість, HV
1	0,001	280
2	0,003	300
3	0,004	320
4	0,006	330
5	0,008	340
6	0,01	320
7	0,0005	330
8	Сколи різця	450

Для покриттів з мартенситним зміцненням немає кореляції зносу різця із твердістю покриттів. Найменший знос різця зумовлює покриття, яке містить у своєму складі додатково 1% Мо. Збільшення вмісту вуглецю у покритті понад 0,40% приводять до катастрофічного зносу різця або сколу ріжучої кромки.

Висновки.

1. Розроблені та виготовлені порошкові дроти для електродугового напилення внутрішніх покриттів з карбідним та мартенситним типом зміцнення, придатних до обробки лезовим інструментом .

2. Визначено позитивний вплив додатків молібдену на придатність до обробки електродугових покриттів.

Список літератури

1. Хасуи А., Мorigаки О. Наплавка и напыление. - М.: Машиностроение, 1985.– 240 с. ,
2. Кречмер З. Напыление металлов, керамики и пластмасс.- М.: Машиностроение.1966. - 432 с.
3. Ивашко В.С., Куприянов И.Л., Шевцов А.И. Электротермическая технология нанесения защитных покрытий. Минск.: Наука і тэхніка. 1996. – 375.
4. Маркович С.І. Дослідження зв'язку зносостійкості з фізико-механічними властивостями покриттів, нанесених електродуговим напиленням різнорідних дротів // Проблеми тертя та зношування. – Київ, 2007. - №46. - С. 16-18.
5. Похмурский В.И., Пих В.С., Студент М.М. Основы формирования защитных и восстановительных покрытий электродуговым напылением из порошковых проволок // Физ.-хим. механика материалов. - 1986. - №6. - С. 11-16.
6. Маркович С.І. Оптимізація складу додатків в шихту порошкових дротів для електродугового напилення зносостійких покриттів //Зб. наукових праць Кіровоградського технічного університету „Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація”. Кіровоград. – 2007. №18. - С. 158- 164.

В статье предложен состав порошковых проволок, которые дают возможность формировать износостойкие электродуговые покрытия мартенситного и карбидного типа укрепления для восстановления внутренних поверхностей деталей. Проведено исследование их пригодности к механической обработке лезвийным инструментом.

Composition of powder-like wires which give to form possibility wearproof electro- arc coverages of мартенситного and carbidic type of strengthening for renewal of internal surfaces of details is offered in the article. Research of their fitness is conducted to tooling by a chisel instrument.