

## Технічні характеристики інверторних зварювальних апаратів

Марка апарату, фірма-виробник, країна	Діапазон регулювання зварювального струму, А	Габаритні розміри, мм	Маса, кг	ПВ, %
Master-1500, Kemppi, Фінляндія	15...150	390×155×285	10	20
Mmarc-140, Kemppi, Фінляндія	10...140	305×123×250	4,8	80
InvertecV 160-S, Lincoln Electric, США	5...160	320×200×430	10,5	-
Caddy Tig 150, ESAB, Швеція	3...150	310×130×250	5,5	25
Tecnica 1600, Telwin, Італія	5...150	280×150×195	3,3	10
Mito 160 MMA, Mito, Італія	5...160	175×430×245	14	60
TINY 150, Kjellberg, Німеччина	5...150	320×110×260	5,4	35
SI601, Cemont, Італія	5...150	145×235×340	7,7	35
Торус-200, ООО "ТОР", Росія	40...200	115×185×280	5	40
Форсаж-160, Державний Рязанський приладовий завод, Росія	40...315	410×180×390	10	60
ВДУ4-1371, АТ «Спецелектромаш», Росія	5...130	365×139×196	8	100
ВМЕ-160, ОООНПЦ «ПромЕл-2000», Росія, «ЕЛ-2000», Росія	15...160	175×300×86	3,6	80

Примітка. Напруга живильної мережі 220В.

## Література

1. Миронов С.І. Инверторные источники питания для дуговой сварки // Сварочное производство. – 2003. – №4. – С. 41–43.
2. Гецкин О.Б., Кудров И.В., Яров В.М. Особенности работы сварочных инверторов от автономных источников питания // Сварочное производство. – 2004. – №4. – С. 53–55.
3. Гецкин О.Б., Кудров И.В., Яров В.М. Инверторный аппарат ДС 250.33 для сварки покрытыми электродами // Сварочное производство. – 2004. – №27. – С. 19–21.
4. Иоффе Ю.Е., Можайский В.А. Универсальный сварочный инверторный источник общего назначения Invertec V300 // Сварочное производство. – 1998 – № 1. – С. 44–46.

УДК 669.17.621.789

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТВЕРДИХ ПОРОШКОВИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ДИФУЗІЙНОГО БОРУВАННЯ СТАЛЕВИХ ТА ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Доктор технічних наук Дмитриченко М.Ф.,  
кандидат технічних наук Ткачук В.М.,  
Яцко М.В.

*У статті викладені результати експериментальних досліджень з удосконалення твердих порошкових сумішей, які використовуються для дифузійного борування сталевих та чавунних деталей машин. Також запропоновано новий оптимальний склад порошкової суміші.*

*The article reveals the results of experimental research on the improvement of solid powdered mixtures used in diffusive boronizing of steel and cast-iron parts of machines. Also a new optimal composition of the powdered mixture is suggested.*

У процесі борування відбувається дифузійне насичення бором поверхневого шару виробу (деталі), зануреної в боровмістке середовище.

Відомі порошкові суміші є складними та включають багато коштовних і дефіцитних компонентів, або мають низьку здатність насичення.

Найбільш характерним за технічною сутністю є склад порошку для борування сталевих деталей, до складу якого входять: карбід бору ( $B_4C$ ), бура ( $Na_2B_4O_7$ ), фтористий натрій ( $NaF$ ) при наступних співвідношеннях компонентів:

Карбід бору	– 65%
Бура	– 20%
Фтористий натрій	– 15%

Недоліком такого складу є необхідність нагріву деталей до високої температури ( $950..1050^\circ C$ ) для проходження дифузійних процесів, багатогодинна (близько 5 годин) тривалість борування, що призводить до утворення здебільшого високобористої крихкої фази  $FeB$  з низькими корозійною стійкістю та зносостійкістю у поверхневому шарі деталі, деформування деталі та виникнення мікротріщин. Крім цього, неоднакова товщина борованого шару викликає додаткові напруги в деталі і призводить до необхідності проведення термічної обробки (гартування) після борування. А останнє не завжди є можливим, наприклад, у випадку деталей, вироблених з низьковуглецевих сталей.

Для підвищення швидкості насичення поверхневого шару деталі бором і, на цій основі, збільшення кількості низькобористої в'язкої, корозійно стійкої фази  $Fe_2B$ , виключення процесу термічної обробки сталі будь-якого хімічного складу за рахунок утворення твердої та в'язкої структури борованого шару деталі, що, в свою чергу, суттєво зменшить кількість мікротріщин, а також для виключення термічних деформацій борованих деталей, що особливо важливо у випадку чавунних, необхідно використовувати порошок іншого складу.

Для безокисного борування сталевих та чавунних виробів розроблено порошок, який містить такі боро-насичуючі речовини, як карбід бору та буру, і активатор – фтористий літій, при наступних оптимізованих середніх співвідношеннях компонентів, в %:

Карбід бору	– 72,5..77,5%
Бура	– 12,5..17,5%
Фтористий літій	– 7,5..12,5%

Порівняльний аналіз дозволяє зробити висновок про те, що представлений склад відрізняється від традиційного впровадженням гногового компонента, а саме фтористого літію, а також збільшенням вмісту карбіду бору.

Наявність традиційних порошоків для дифузійного борування свідчить, що деякі компоненти, використані у вказаному складі, вже відомі, наприклад, карбід бору та бура.

Проте застосування цих компонентів у порошках зі фтористим натрієм не забезпечує таких властивостей, які наявні в пропонованому рішенні, а саме зменшення часу насичення борованого шару обумовленої товщини, виключення деформації деталі, одержання переважно низькобористої фази в поверхневому шарі металу, яка має високі антикорозійні та зносостійкі властивості, суттєве зниження кількості мікротріщин у борованому шарі.

Введення в склад боридних порошоків фтористого літію забезпечує активацію процесу виникнення іонів бору і сприяє кращій дифузії в поверхню металу деталі. Крім цього, запропоноване співвідношення компонентів у порошку забезпечує зниження оптимальної температури дифузійного насичення сталі і, особливо, чавуну, при цьому збільшуючи імовірність утворення фази  $Fe_2B$ . Це призводить до зменшення імовірності утворення тріщин на поверхні деталі після борування в 4-6 разів.

Для визначення оптимального складу порошку проводились експериментальні дослідження дифузійним боруванням великої кількості зразків з різних сталей і чавунів в герметичних контейнерах.

Порошок визначеного складу одержували змішуванням компонентів і термічною обробкою суміші при температурі  $800^\circ C$ .

Проведено борування деталей і зразків з низьковуглецевої, середньовуглецевої сталі і сірих чавунів (чавунів з пластинчастим графітом), а також ряд деталей автотракторної техніки з легованих сталей. Оптимальний склад порошку для досягнення найкращих результатів включає 75% карбіду бору, 15% бури та 10% фтористого літію.

Результати проведених досліджень наведені в таблицях 1 та 2.

З метою визначення якісного стану борованого шару з'ясовувався його фазовий склад, результати якого наведені в таблиці 2. Розроблений склад боридного порошку забезпечує одержання при боруванні максимальної кількості низькобористої фази  $Fe_2B$ .

Введення фтористого літію (LiF) у склад порошку в кількості 10% прискорює процес дифузії в металі із збільшення кількості атомарного бору на поверхні деталі в процесі борування.

У цьому випадку літій діє як каталізатор при дисоціації та розщепленні боровмістких речовин (карбіду бору і бури). Він забезпечує дуже високий рівень (біля 90%) відновленого, активізованого атомарного бору. Збільшення або зменшення вмісту фтористого літію від оптимальної кількості погіршує результати дифузійного процесу. Але подальші дослідження компонентів порошку показали, що при нагріванні бури ( $Na_2B_4O_7$ ) вище  $500\text{ }^\circ\text{C}$  відбувається дисоціація ( $Na_2B_4O_7 \rightarrow Na_2O + 2B_2O_3$ ) на оксид натрію та борний ангідрид.

Таблиця 1.

*Залежність товщини борованого шару сталевих і чавунних деталей від кількісного складу компонентів порошку*

№ досліду	Склад, мас. %			Товщина борованого шару, мкм, при часі борування, год		
	Карбід бору	Бура	Фтористий літій	2	3	4
Зразки з низьковуглецевих сталей						
1	60	37,5	2,5	105	135	162
2	70	25	5	112	154	185
3	75	15	10	120	165	188
4	80	12,5	7,5	116	159	172
5	85	2,5	12,5	108	137	167
Зразки з середньовуглецевих сталей						
6	70	27,5	2,5	99	132	144
7	75	15	10	112	152	168
8	80	12,5	7,5	104	132	148
Зразки з чавунів						
9	70	25	5	176	290	319
10	75	15	10	198	360	369
11	80	12,5	7,5	180	310	325

Примітка: температура борування для всіх сталей і чавунів становила  $930 \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$

Подальше підвищення температури (вище  $700\text{ }^\circ\text{C}$ ) викликає відновлення атомарного бору  $2B_2O_3 + 3B_4C \rightarrow 16B + 3CO_2$

Більш дешевий борний ангідрид можна отримати при нагріванні борної кислоти ( $H_3BO_3$ ) до температури  $500\text{ }^\circ\text{C}$ .

Нами були досліджені порошкові суміші для борування сталевих і чавунних деталей, де бура була замінена борним ангідридом до 10%, а кількість фтористого літію збільшена до 15%.

Таким чином, оптимальним є наступний склад порошку: карбіду бору 75%, борного ангідриду 10%, фтористого літію 15%.

Зміна фазового складу поверхні борованих сталевих і чавунних деталей в залежності від умов борування

№ дослідю	Склад, мас. %			Кількісний склад боридної фази, % при часі борування, год.					
	Карбід бору	Бура	Фтористий літій	Fe <sub>2</sub> B			FeB		
				2	3	4	2	3	4
Зразки з низьковуглецевих сталей									
1	60	37,5	2,5	63	71	68	37	29	32
2	70	25	5	66	74	72	34	26	28
3	75	15	10	75	83	82	25	17	18
4	80	12,5	7,5	71	82	78	29	18	22
5	85	2,5	12,5	68	77	73	32	23	27
Зразки з середньовуглецевих сталей									
6	70	27,5	2,5	68	78	73	32	22	27
7	75	15	10	72	85	81	28	25	19
8	80	12,5	7,5	69	75	73	31	25	27
Зразки з чавунів									
9	70	25	5	71	18	72	29	22	28
10	75	15	10	78	89	83	22	11	17
11	80	12,5	7,5	73	75	67	27	25	33

Заміна бури на борний ангідрид дозволила зменшити вартість порошкової суміші без зниження її якостей в процесі борування. Така заміна має велике значення у виробництві і ремонті деталей, де широко використовується борна кислота.

Розроблений нами склад порошку для борування сталевих і чавунних деталей характеризується високою технологічністю при одержанні і застосуванні, а необхідні фізико-механічні властивості металу деталей забезпечуються самою технологією борування.

### Література

1. Дмитриченко М.Ф., Барілович Л.П., Ткачук В.М. Дифрактометричне дослідження фазового і структурного складу поверхневих наноборидних і наносиліцидних поверхневих покриттів сталевих деталей машин. // Вісник НТУ, ч. 1, Науково-технічний збірник №15, — Київ, - 2007, — с. 19-25.
2. Дмитриченко М.Ф., Ткачук В.М., Барілович Л.П. До питання одержання монофазної низькобористої структури бориду заліза при боруванні. // Вісник НТУ №9, — Київ, — 2004. — с. 15-19.
3. Ткачук В.М., Барілович Л.П. Фазовий і структурний склад борованої сталі та його використання в практиці відновлення і зміцнення деталей машин. // Вісник Транспортної Академії України та УТУ №2, — Київ, — 1988. — с. 254-261.