

Винахід відноситься до галузі машинобудування, зокрема, до виготовлення гарматних стволів.

Відомі гарматні стволи з розташованим на внутрішній поверхні шаром твердого хрому, що зменшує знос ствола [1, 2]. У відомих гарматних стволах використовується саме твердий хром, при цьому приймаються заходи для підвищення твердості хрому.

Найближчим аналогом технічного рішення, що заявляється, є ствол по патенту [2]. На внутрішній поверхні відомого ствола розташований шар хрому, нанесений гальванічним осадженням. У шарі хрому, у процесі його нанесення, утворюється сітка тріщин. Тріщини виникають унаслідок високих напружень розтягування, обумовлених фізикою процесу гальванічного осадження хрому. Для підвищення пластичності хрому пропонується збільшити кількість тріщин для зниження частки напружень розтягування, що приходить на окрему тріщину (псевдопластичність).

Недоліком відомого технічного рішення є низька пластичність і наявність тріщин у захисному покритті. При пострілі на метал ствола і шар покриття, розташований на внутрішній поверхні, діють значні механічні навантаження, що створюють у покритті і приповерхньому шарі металу ствола ударні напруження розтягування. Покриття має високу твердість і низьку пластичність, тому під дією ударних навантажень у ньому утворюються тріщини, що відкривають доступ продуктів згоряння порошу до металу ствола. Наявність тріщин приводить до проникнення газоподібних продуктів згоряння порошу до металу ствола і його ерозії під захисним шаром, наслідком чого є відшаровування ділянок хромового покриття.

В основу винаходу поставлена задача створення гарматного ствола, в якому покриття з тугоплавкого металу на внутрішній поверхні має необхідні властивості для підвищення живучості гарматного ствола за рахунок запобігання утворення тріщин у захисному покритті при ударних навантаженнях.

Сутність винаходу полягає в тому, що на внутрішній поверхні гарматного ствола розташовано покриття тугоплавкого металу, причому поріг холодноламкості металу покриття лежить в інтервалі температур від мінус 200°C до плюс 20°C (тобто покриття має низьку твердість і гарні пластичні властивості при кімнатній температурі). Як тугоплавкий матеріал використаний молибден, ніобій, хром або вольфрам. Покриття з тугоплавкого металу має дрібнозернисту структуру з розмірами зерен 0,05-1,0мкм. Межі величини зерна обумовлені наступним: при величині зерна більш 1,0мкм пластичність покриття знижується, а величину зерна менш 0,05мкм практично неможливо одержати.

Технічний результат полягає в тому, що пластичне покриття при ударних навантаженнях деформується без утворення тріщин, зберігаючи непроникність для продуктів згоряння порошу.

Для забезпечення таких властивостей покриття пропонується спосіб його одержання.

Розглянемо відомі способи нанесення тугоплавких покриттів на внутрішню поверхню гарматного ствола.

По винаходу [1] на внутрішню поверхню ствола наносять шар твердого хрому гальванічним осадженням. Однак, гальванічне покриття є крихким і недостатньо стійким.

Відомий також спосіб нанесення покриття на внутрішню поверхню ствола [3], у якому після гальванічного осадження шару твердого хрому проводять термообробку покриття з хрому шляхом його короточасного опромінення світлом потужного лазера або потужної електричної лампи, що приводить до значного зниження твердості і до поліпшення пластичності шару хрому. Однак, підвищення пластичності шару є недостатнім, крім того, осадження, покриття гальванічним методом є екологічно небезпечним процесом.

Відомі також способи нанесення захисних покриттів з тугоплавких металів, в яких тугоплавкий метал розташовують у внутрішній порожнині ствола у вигляді порошку або дроту, потім плавлять його за допомогою плазми [4] чи лазера [5] і наносять на внутрішню поверхню ствола. Однак, наплавлення тугоплавкого металу погіршує механічні властивості металу гарматного ствола, тому є небажаним для нанесення покриттів на гарматні стволи, які сприймають значні ударні навантаження.

Найближчим аналогом технічного рішення, що заявляється, (способу виготовлення гарматного ствола) є спосіб нанесення покриття на внутрішню поверхню ствола по патенту [6]. Нанесення покриття цим способом здійснюють шляхом введення металу покриття у внутрішню порожнину ствола у вигляді дроту і випарювання металу за допомогою «вибуху дроту» при пропусканні електричного струму. При цьому способі забезпечується висока адгезія, однак покриття має значну нерівномірність по товщині і велику кількість крапель, що підвищують шорсткість покриття.

В основу винаходу поставлена також задача створення способу виготовлення гарматного ствола, який забезпечив би нанесення пластичного шару тугоплавкого металу на внутрішню поверхню.

У запропонованому способі метал покриття розташовують усередині ствола, потім випаровують його, іонізують пари металу і конденсують іони та нейтральні атоми металу на внутрішню поверхню ствола в середовищі зі зниженим атмосферним тиском. При конденсації пару відбувається його взаємодія з елементами навколишнього середовища. Щоб запобігти появі домішок впровадження і пов'язаному з цим зменшенням пластичності покриття, нанесення покриття здійснюють в середовищі з парціальним тиском залишків вуглеводнів не більш  $1 \times 10^{-6}$  Па, а кисню й азоту - не більш  $5 \times 10^{-5}$  Па. Випарюють метал та іонізують його пари катодними плямами електричного дугового розряду у вакуумі.

Технічний результат полягає в тому, що шляхом випарювання металу, іонізації його пару і конденсації іонів та нейтральних атомів в середовищі зі зниженим атмосферним тиском одержують розмір зерна металу покриття в межах 0,05-1,0мкм і мінімальний зміст домішок впровадження, що забезпечує пластичність покриття.

Більш детально сутність винаходу пояснюється представленими фігурами і подальшим описом.

На Фіг.1 представлений гарматний ствол з покриттям з тугоплавкого металу.

На Фіг.2 представлений гарматний ствол з покриттям в момент пострілу.

На Фіг.3 представлений гарматний ствол в процесі нанесення захисного покриття.

На внутрішній поверхні ствола 1 розташоване захисне покриття 2 (Фіг.1). Порожина 3, в якій здійснюється згоряння порошу, обмежена зарядом 4 і снарядом 5, напрям дії продуктів згоряння порошу вказано стрілками 6 (Фіг.2). Тугоплавкий метал 7, розташований у внутрішній порожнині ствола 1, катодні струмені плазми 8 направлені від тугоплавкого металу 7 до внутрішньої поверхні ствола 1 (Фіг.3).

Стійкими проти корозії і газової ерозії (в атмосфері продуктів згоряння порошу) є тугоплавкі метали, причому найбільшу стійкість мають молибден, ніобій, хром та вольфрам. Однак, для цих металів,

одержуваних звичайними металургійними методами, характерна крихкість при кімнатній температурі, тобто поріг холодноламкості зазначених металів лежить значно вище кімнатної температури. У запропонованому винаході метал покриття має пластичність при кімнатній температурі, що досягається запропонованим способом його одержання.

Розглянемо процес впливу продуктів згоряння порошу на захисне покриття. Порожнина 3, у якій відбувається згоряння порошу, обмежена зарядом 4 і снарядом 5 (Фіг.2). У момент згоряння порошу в порожнині 3 тиск досягає 8000атм при температурі газу до 4000К. Під дією тиску продуктів згоряння порошу покриття 2 разом із приповерхнім шаром ствола 1 деформується протягом 0,001-0,002с у радіальному напрямку, показаному стрілками 6. Метал покриття 2, нанесений на внутрішню поверхню ствола 1 відомими способами, є крихким, і при деформації ствола 1 в шарі покриття 2 з'являються тріщини і відшаровування металу покриття 2. Захисне покриття 2, одержане запропонованим способом, деформується разом із приповерхнім шаром ствола 1 без утворення тріщин, і зберігає свою непроникність для продуктів згоряння порошу.

Розглянемо процес одержання покриття запропонованим способом. У внутрішній порожнині гарматного ствола 1 розташований тугоплавкий метал покриття 7, наприклад, у вигляді циліндра (Фіг.3). У внутрішній порожнині ствола за допомогою вакуумних насосів забезпечують тиск не вище  $5 \times 10^{-5}$  Па. Потім ініціюють електричний дуговий розряд між металом 7, що випаровується, і внутрішньою поверхнею гарматного ствола 1. Катодними плямами дугового розряду іонізують пари хрому, формуючи катодні струмені плазми 8, що містить іони металу 7. Конденсуючи іони та нейтральні атоми металу 7 на внутрішній поверхні ствола 1, одержують покриття 2, що має дрібнозернисту структуру і мінімальний зміст домішок впровадження, що забезпечує пластичність покриття.

Джерела інформації, використані при створенні винаходу:

1. Патент ФРН 4107273 А1.
2. Патент ФРН 19834394 А1.
3. Патент ФРН 19853293 А1.
4. Патент ФРН 19919687 А1.
5. Патент ФРН 19919688 А1.
6. Патент ФРН 19736028А1.

