

## Список літератури

1. Гидродинамика и тепломассообмен процесса усвоения ферросплавов в металлическом расплаве [Текст] / А.С. Носков, А.Л. Завьялов, В.И. Жучков, А.В. Некрасов. – Свердловск: Препр. / АН СССР. Ин-т металлургии, 1987. – 68 с.
2. Физико-химические методы исследования металлургических процессов [Текст] / С.И. Филиппов, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев, М.Г. Крашенников. – М.: Металлургия, 1968. – 551 с.
3. Должиков, А.А. Исследование процессов массопереноса при приготовлении жидких ферросплавов [Текст] / А.А. Должиков, А.М. Верховлюк // Сб. МГД в литейном производстве и металлургии. – К.: ИПЛ АН УССР, 1987. – С. 48-49.

**Viktor Lomakin, Assos. Prof., PhD tech. sci., Vasil Klimenko, Prof., DSc., Andriy Lomakin**

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Viktor Dubodelov, Prof., DSc., Maksim Goryuk, Assos. Prof., PhD tech. sci.**

*Physical and technological Institute of metals and alloys academy of sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

### **Investigation of the effect of temperature and speed of movement in the melt dissolution of alloying elements in the molten iron**

The aim of the study was to determine the rational combination of the temperature of the metal-solvent and the rate of supply of the melt from the channel to the working capacity of the MDN-6CH unit in order to obtain the minimum dissolution time of ferrochrome and the maximum productivity in smelting the alloy with a given mass fraction of chromium.

It was explored and studied an influence of the heat-kinetic processes on a speed of ferrochromium dissolution in a liquid cast iron in a magnetodynamic mixer-feeder (MDN-6CH). It was done calculations of the chromium's convective diffusion and it was set the rational mode of magnetodynamic installation's operation when this installation was receiving a melt of the cast iron.

Calculations showed a practical test confirmed that at low doping iron with chromium (chromium content in molten less than 1%), minimum duration dissolution and homogenization of molten ferrochrome reached at the metal-solvent at a temperature 1380-1420° C. The consumption of metal in the channel of the magnetodynamic installation should be ~ 2-5 kg / s, which ensures the rate of movement of the solvent relative to the pieces of alloying additives at a level of 0.35-0.45 m/s.

**alloy cast iron, chrome, magnetodynamic mixer, melt convection, diffusion**

Одержано 19.04.17

**УДК 621.432**

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

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

*E-mail: markob0@ukr.net*

## **Аналіз стану та перспективи розвитку технологічних методів зміцнення головок поршнів автотракторних двигунів**

В статті розглянуто основні технологічні методи зміцнення головок поршнів автотракторних двигунів: вдосконалення складу і структури алюмінієвих сплавів і технології термічної обробки; застосування високоміцних вставок в зоні кільцевої канавки; розробка прогресивних систем масляного охолодження поршня; армування алюмінієвих сплавів волокнами і дисперсними частинками, створення композиційної структури; розробка прогресивних конструкцій складового поршня; застосування зміцнюючих покриттів. Проаналізовано переваги та недоліки існуючих технологій. Виділено сучасні підходи що до моделі формування іонно азотованих поверхневих шарів, відзначено

© С.І. Маркович, С.С. Михайлюта, 2017

перспективність застосування методу іонного азотування з зазначенням переваг, шляхів розвитку та причин, що затрудняють широкому застосуванню даної технології в виробничому процесі.

#### **автотракторні двигуни, головки поршня, вакуумне азотування в пульсуючому пучку плазми**

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

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

#### **Анализ состояния и перспективы развития технологических методов укрепления головок поршней автотракторных двигателей**

В статье рассмотрены основные технологические методы укрепления головок поршней автотракторных двигателей: совершенствование состава и структуры алюминиевых сплавов и технологии термической обработки; применение высокопрочных вставок в зоне кольцевой канавки; разработка прогрессивных систем масляного охлаждения поршня; армирование алюминиевых сплавов волокнами и дисперсными частицами, создание композиционной структуры; разработка прогрессивных конструктивных составного поршня; применение укрепляющих покрытий. Проанализированы преимущества и недостатки существующих технологий. Выделены современные подходы к модели формирования ионноазотированных поверхностных слоев, отмечена перспективность применения метода ионного азотирования с указанием преимуществ, путей развития и причин, что препятствуют широкому применению данной технологии в производственном процессе.

#### **автотракторные двигатели, головки поршня, вакуумное азотирование в пульсирующем пучке плазмы**

Удосконалення автотракторних двигунів внутрішнього згорання пов'язане з підвищенням експлуатаційних характеристик: тиск в камері згорання, числа оборотів колінчастого валу, питомої потужності на одиницю маси двигуна. Зростання експлуатаційних параметрів викликає неухильне підвищення робочої температури конструктивних елементів двигуна, особливо деталей циліндро поршнєвої групи [1].

**Постановка проблеми.** Посилювання режимів роботи машин і механізмів, зокрема зростання динамічних навантажень, викликає необхідність зниження маси деталей. Тому все більша перевага віддається використуванню в якості конструкційних матеріалів легким, але міцним металам і сплавам. Висока питома міцність і мала питома вага зумовили широке застосування в двигунобудуванні алюмінієвих сплавів. Проте великим недоліком цих матеріалів є низька теплостійкість. Рівень форсування сучасних автотракторних двигунів внутрішнього згорання досяг межі можливості алюмінієвих сплавів, що і є основним конструкційним матеріалом для виготовлення поршнів.

В результаті аналізу кінетики процесу горіння паливо-повітряної суміші у камері згорання автотракторних двигунів внутрішнього згорання встановлено, що постійна зміна тиску і температури призводить до пошкодження поверхні деталей циліндро поршнєвої групи, а саме головки поршня. Такий стан справ вимагає необхідність використання сучасних технологічних способів підвищення довговічності поршнів, тобто їх теплостійкості, та зростання питомої потужності двигуна в цілому [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основні проблеми при розробці нових типів поршнів для карбюраторних і дизельних двигунів полягають в зниженні маси поршня, поліпшенні його теплового стану, підвищенні надійності і зносостійкості, зменшенні «шкідливого об'єму», визначуваного кільцевим зазором над першим поршневым кільцем, зниженні токсичних викидів, шуму і вібрацій.

Дефекти поршнів дизелів і бензинових двигунів внутрішнього згорання класифіковані і згруповані більше трьох десятків років тому [3], і на сьогоднішній день ситуація істотно не змінилася. До них відносяться: пошкодження днища, зони компресійних кілець, опорної поверхні поршня, а також пошкодження, пов'язані з поршневым пальцем і кромкою камери згорання.

У практиці двигунобудування щодо розробок поршнів склалися такі основні напрями: вдосконалення складу і структури Al - сплавів і технології термічної обробки; застосування високоміцних вставок в зоні кільцевої канавки; розробка прогресивних систем масляного охолодження поршня; армування Al - сплавів волокнами і дисперсними частинками, створення композиційної структури; розробка прогресивних конструкцій складового поршня; застосування зміцнюючих покриттів.

Розглянемо переваги і недоліки цих напрямів. Чисельні дослідження направлені на підвищення механічних властивостей і зниження коефіцієнта термічного розширення матеріалів. Розробка жароміцних Al - сплавів йде по шляху їх легування Ni, Cu, Mg, Mn, V, Ti, B, Cr і Mo . Додаткове легування Cr і Mo забезпечує межу міцності  $\sigma_b = 300$  МПа і коефіцієнт термічного розширення  $\alpha = 18 \cdot 10^{-6}$  (19). Проте підвищення вимог до довговічності сучасних дизелів показало неперспективність використання класичних Al-сплавів для виготовлення поршнів і традиційних методів їх виливання [4].

Проблему підвищення зносостійкості поршневої канавки вирішують заливкою чавунної високоміцної кільцевої вставки в зону верхньої поршневої канавки при виробництві поршня методом виливання. Як матеріал вставки застосовують високоміцні сплави Fe, леговані Cr, Ni, Cu, Mn і Mo [2,6].

Для підвищення зносостійкості верхньої поршневої канавки застосовують плазмово-дугову переплавку зони канавки з легуванням зони переплавки Ni, Cr, Fe на глибину до 10 мм з утворенням дисперсних твердих розчинів Al, Ni, Cr і Fe. У зоні переплавки механічною обробкою формують кільцеву канавку [3].

Високоміцна вставка підвищує зносостійкість і забезпечує рівномірність зносу деталей циліндро поршньової групи, але має ряд недоліків: збільшення маси поршня веде до зростання динамічної напруженості двигуна; погіршується тепловідвід з поршня через компресійне кільце у водоохолоджувану гільзу циліндра, що викликає підвищення загальної температури поршня в т.ч. зони верхньої поршневої канавки та інтенсивне відкладення вуглецю і закоксовування компресійного кільця; технологія лиття поршня з чавунною вставкою (так званий альфін-процес) в 2 рази дорожча, ніж лиття поршня без вставки [4].

Одним з напрямків підвищення довговічності поршня є застосування масляного охолодження. З цією метою поршень виконується з кільцевою порожниною масляного охолодження під днищем і в зоні поясу компресійних кілець. Застосування систем масляного охолодження ускладнює конструкцію поршня і двигуна. При цьому прагнуть зменшити масу поршня без підвищення термічних напруг через відмінність коефіцієнту термічного розширення складових частин [5].

Розробляється напрямок створення складових поршнів. При цьому прагнуть зменшити масу поршня без підвищення термічних напруг через відмінність коефіцієнту термічного розширення складових частин. Конструкція складового поршня забезпечує прийнятний компроміс між його масою, механічними властивостями, довговічністю, оброблюваністю і вартістю. Складові конструкції поршнів призначені для важко навантажених дизелів і забезпечують роботу з питомим тиском в з'єднаннях з поршневим пальцем більше 180 бар [10]. Подібна конструкція поршня складається з двох частин: високоміцної і жароміцної головки з поясом кільцевих канавок і бобишками під поршневий палець та "юбками" з Al-сплаву. Недоліки складових поршнів - ускладнення технології їх виготовлення, дорожчання виробництва, недостатня довговічність адгезійного з'єднання різнорідних частин [7,6].

Одним з напрямків підвищення довговічності поршнів, зокрема підвищення зносостійкості кільцевої канавки - використання армування за об'ємом Al - сплаву високо модульними волокнами і дисперсними частинками, тобто створення

композиційних матеріалів. У виробництві поршнів дизельних двигунів фірма Toyota використовує композити, зміцнені волокнами. Як зміцнююча арматура використовують короткі керамічні волокна  $Al_2O_3 + SiO_2$  і  $Al_2O_3$ . До недоліків поршнів з композиційних матеріалів слід віднести знижені значення питомої теплопровідності і можлива загроза закоксування кільця [6].

Для зміцнення поршнів широке застосування знаходять покриття. Найбільш поширені гальванічні, хіміко-термічні, газотермічні методи, іонне плакування. Для захисту днища від прогару і зниження температури в зоні першої кільцевої канавки застосовують тверде анодування. Теплозахисне покриття на днище, що нанесено газотермічним методом, підвищує коефіцієнт корисної дії двигуна на 21%. Основний недолік, що властивий всім покриттям, полягає в їх розтріскуванні і відшаровуванні в умовах експлуатації [3,6].

Конструктивні особливості кільцевої канавки (висота  $v = 2 - 3$  мм і глибина  $L > 5$  мм) обмежують можливості традиційних технологій. Тому позитивні результати при зміцненні полиць кільцевої канавки одержані електронно-променевою, лазерною технологією, електроконтактним хромуванням, фрикційно-механічним натиранням, яке є варіантом хіміко-термічної обробки в твердій фазі і використовує тепло тертя [7].

Метод електронатирання застосовують для відновлення юбки поршня і отворів в бобишках під поршневий палець. Відновлюють поршня з зносом юбки до 0,15 мм. Процес поршня проходить при великих щільностях струму, що забезпечує високу продуктивність процесу. Для відновлення поршнів з алюмінієвих сплавів застосовують залізо - цинковий електроліт. Анод виготовляють з цинку. При застосуванні залізо - алюмінієвого електроліту анод виготовляють з сталі.

Метод плазмового переплаву для відновлення і зміцнення поршневих канавок полягає в тому що в середовищі газу аргону переплавається частина алюмінієвого сплаву з одночасним введенням присадочного дроту, який містить легуючі елементи. В процесі переплаву відбувається взаємодія легуючого матеріалу з алюмінієвим сплавом з утворенням твердих термостабільних алюмінідів. В залежності від хімічного складу поршня і кількості легуючих елементів міцність переплаву збільшується в 1,2-1,3 рази, твердість в 1,3-2 рази, зносостійкість в 1,5-4 рази [7].

Перспективним для поверхневого зміцнення деталей автотракторних двигунів внутрішнього згорання вважається метод іонного азотування (іонно-плазмового азотування). Його сутність полягає у тому, що у розрідженому газовому середовищі, яке містить азот, між катодом (деталлю) та анодом (стінками вакуумної камери) збуджується тліючий розряд. При цьому позитивні іони газу з високою енергією, бомбардуючи поверхню катоду, нагрівають її до температури насичення та дифундують в цю поверхню, формуючи твердий розчин азоту в металі, а при досягненні межі розчинності - нітридні фази. Температура азотування  $470-580^{\circ}C$ , тиск  $(1,33-13)10^2$  Па, робоча напруга коливається від 400 до 1000 В [9].

Метод іонного азотування має цілий ряд переваг: можливість отримання тільки дифузійного шару на поверхні, на відміну від класичного азотування в аміаку, де нітридний шар є джерелом внутрішніх напружень на межі розподілу фаз та викликає крихкість й відшарування зміцненого шару при експлуатації; підвищення зносостійкості оброблених деталей до 5 разів [8]; відсутність деформації деталей після обробки та високий клас чистоти поверхні, що виключає необхідні при застосуванні інших методів поверхневого зміцнення додаткові доводочні операції; можливість регулювання процесу азотування для оптимізації дифузійних шарів по будові, фазовому складу та властивостях; більш низька, ніж в інших методах, температура обробки, завдяки чому у матеріалах не відбувається структурних перетворень [9]; збереження твердості азотованого шару після нагрівання до  $650^{\circ}C$ ; можливість обробки

виробів необмежених розмірів та форм; відсутність токсичності та забруднення навколишнього середовища; скорочення тривалості обробки у 2...5 разів за рахунок зменшення часу нагрівання та охолодження садки й ізотермічного витримування; скорочення витрат робочих газів у 20... 100 разів, електроенергії – у 4 рази, додаткових матеріалів - на 50 % порівняно з іншими методами [8,9].

Ще однією суттєвою перевагою методу іонно плазмового азотування є те, що він може застосовуватися на різних стадіях життєвого циклу деталей циліндро поршнєвої групи як при їх виробництві, так і при відновленні. Застосування його на ранніх стадіях дозволить уникнути використання у наступному більш дорогих та екологічно небезпечних методів. Крім того, метод іонно плазмового азотування може застосовуватись у комплексі з іншими методами поверхневого зміцнення. Проводяться дослідження закономірностей насичення азотом у тліючому розряді металічних покриттів, попередньо нанесених із рідинно металевого носія на сталеву поверхню. Завдяки таким покриттям з'являється можливість заліковування дефектів типу пор та мікро тріщин шляхом дифузійного насичення поверхневого шару металу. Розробляється комбінована технологія зміцнення поверхонь конструкційних сталей, яка полягає у лазерному легуванні нітридо утворюючими елементами з наступним азотуванням. С приклади успішного застосування методу іонно плазмового азотування для поверхневого зміцнення деталей з алюмінієвих сплавів [10,11,12,13].

**Постановка завдання.** Метою дослідження є розробка на основі проведеного літературного аналізу циклу теоретичних та практичних задач для цілеспрямованого продовження досліджень із метою установлення поряд із раніше відомими нових наукових фактів, їх систематизації, узагальнення і на цій підставі створення технологічного процесу вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми, що дозволить змінювати будову й властивості у необхідному напрямку, створювати поверхневі шари із заздалегідь заданими механічними властивостями для різноманітних умов експлуатації автотракторних двигунів.

Науковою основою для раціонального та ефективного досягнення мети доцільно використати системний підхід, а саме сукупність принципів та положень, що дозволяють розглядати підвищення теплостійкості поршнів як єдину систему з узгодженням діяльності всіх її підсистем.

Аналіз літературних джерел що до моделі формування іонно азотованих поверхневих шарів показав, що на сьогоднішній день теоретичні положення процесу характерні двома підходами.

Згідно з першою моделлю, атоми металу у плазмі тліючого розряду сполучаються з азотом, утворюючи при цьому нітриди. Потім на поверхні вони розпадаються (під дією бомбардування її падаючим потоком). Таким чином, відповідно до першої моделі. Азот поступає у поверхню в результаті утворення нітридів.

За другою моделлю, ведучу роль у процесі азотування у тліючому розряді відіграють атомарні іони азоту. Вони експериментально виявлені у прикатодних шарах газового середовища.

Необхідно зазначити, що існуючі на даний час підходи щодо застосування методу іонноплазмового азотування використовують лише окремі потенційні можливості його інтенсифікації та підвищення ефективності. На сьогоднішній день залишаються невирішеними питання щодо "вужьких місць" методу, зокрема недостатньо високої швидкості насичення поверхневих шарів металу азотом (через низький робочий тиск газу) та можливості переходу тліючого розряду у дуговий, що може призвести до оплавлення поверхні деталі, яку обробляють

На основі класифікації та аналізу основних технологічних процесів зміцнення поверхневих шарів обґрунтовано, що використання вакуумного азотування в

пульсуючому пучку плазми є єдиним способом, який дозволяє керувати структурою поверхневого шару та механічними властивостями в залежності від умов їх експлуатації.

Основними проблемами, які гальмують реалізацію потенційних можливостей технології вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми для підвищення питомої потужності двигунів, є відсутність аналізу і синтезу процесу модифікації поверхневого шару поршнів з метою надання їм кращих механічних властивостей в будь-яких умовах експлуатації. Такий стан стримує науково обґрунтоване їх використання та гальмує широке розповсюдження високоякісної технології.

Визначення закономірностей впливу теплозахисних дифузійних іонноазотованих шарів на характеристики ізотермічної та термоциклічної повзучості алюмінієвого сплаву створить основу для розробки принципу управління технологічним процесом з метою отримання максимальних значень питомої потужності автотракторних двигунів внутрішнього згорання.

Виходячи з результатів проблемного аналізу впровадження високотехнологічного екологічно безпечного енергозберігаючого обладнання та технології вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми дозволить підвищити питому потужність автотракторних двигунів за рахунок застосування поршнів з теплозахисними покриттями в умовах серійного виробництва.

Науковою основою для раціонального та ефективного досягнення мети планується використати системний підхід, а саме сукупність принципів та положень, що дозволяють розглядати підвищення теплостійкості поршнів як єдину систему з узгодженням діяльності всіх її підсистем. В основу покладається вивчення кожного елементу системи в його зв'язку й у взаємодії з іншими елементами, спостерігати за змінами, що проходять у системі, виявляти специфічні системні властивості, висувати обґрунтовані припущення відносно закономірностей розвитку систем та визначати оптимальний режим її функціонування.

При цьому планується вирішити такі основні наукові та прикладні задачі:

Вивчити особливості впливу технологічних та експлуатаційних факторів на довговічність поршнів автотракторних двигунів внутрішнього згорання.

Розробити технологічний процес формування теплозахисних дифузійних шарів на алюмінієвих сплавах на базі системного аналізу результатів дослідження їх структурно-фазового складу, напружено-деформованого стану, тонкої будови, кінетики руйнування та механічних властивостей.

Розробити методики випробування та провести комплексні дослідження, що пов'язані з визначенням закономірностей впливу параметрів технологічного процесу вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми на ізотермічну та термоциклічну повзучість алюмінієвих сплавів від одночасного впливу конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів.

Провести на основі аналізу і синтезу значень ізотермічної та термоциклічної повзучості алюмінієвих сплавів із зміцненими дифузійними шарами оптимізацію технологічного процесу їх формування.

**Висновок.** На основі класифікації та аналізу основних технологічних процесів зміцнення поверхневих шарів обґрунтовано, що використання вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми є єдиним способом, який дозволяє керувати структурою поверхневого шару та механічними властивостями в залежності від умов їх експлуатації.

Встановлено, що основними проблемами, які гальмують реалізацію потенційних можливостей технології вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми для підвищення питомої потужності двигунів, є відсутність аналізу і синтезу процесу

модифікації поверхневого шару поршнів з метою надання їм кращих механічних властивостей в будь-яких умовах експлуатації. Такий стан стримує науково обґрунтоване їх використання, гальмує широке розповсюдження високоякісної технології і надає широкі перспективи для подальших досліджень.

## Список літератури

1. Гречихин, Л.И. Двигатели внутреннего сгорания: физические основы технической диагностики и оптимального управления [Текст] / Л. И. Гречихин. – Минск : Наука і техніка, 1995. – 270 с.
2. Шалай А.Н. Как повысить долговечность поршня? [Текст] / А.Н. Шалай // Двигателестроение. – 1996. – №2. – С. 42-51.
3. Пат. 5028493 США, кл. C22C21/00. P02P3/00. Aluminium Alloy locAlly having a composite portion. Оpubл. 02.07.91.
4. Кравченко, В.И., Квитка А.Л, Шалай А.Н. Оценка надежности поршней с камерой сгорания типа ЦНИДИ [Текст] / В.И. Кравченко, А.Л. Квитка, А.Н. Шалай // Двигателестроение. – 1991. – №5. – С. 15- 18.
5. Пат. 1817817 СССР, МКИ P02P3/22. Составной поршень с масляным охлаждением для ДВС. Оpubл. 23.05.93. БИ №19.
6. Пат. 61442А Україна. Спосіб відновлення поршнів і антифрикційна композиція для його здійснення. Дудчак В.П. Оpub. 17.11.2003 Бюл. № 11.
7. Murakami Shoji. Plasma jet sprayed Alumina coating on automobile piston // SAE Techn. Pap. Ser. – 1987, №870158, p. 179-184.
8. Азотирование и карбонитрирование [Текст] / Р. Чаттерджи-Фишер, Ф.-В. Эйзелл, Р. Хоффманн и др.; пер. с нем. В. А. Федоровича; под ред. А.В. Супова. – М.: Металлургия, 1990. – 279 с.
9. Ляшенко, Б.А. О достоинствах технологии вакуумного азотирования [Текст] / Б.А. Ляшенко, А.В. Рутковский // Оборудование и инструмент. – 2005. – №12. – С. 45-47.
10. Afonso, A. Development of fiber reinforced aluminium alloy for diesel piston application [Text] / A. Afonso, G. Ferran, F. Chi // SAE Techn. Pap. Ser. – 1991. – №910632. – P. 1-9.
11. Пат. 5449421 США, МКИ C22C21/00. Aluminium alloy composite material with intermetallic compound finely dispersed in matrix among reinforcing elements. Оpubл. 12.09.95.
12. Заявка 4019983 ФРГ, МКИ P02P3/04. Leichtmetallkolben. Оpubл. 02.01.92.
13. Yamaguchi Hiroshi. Technology of hard anodization and test of coating //Intern. Combust. Engine. – 1990. – 2009, №12. – p. 57-62.

**Sergey Markovich, Assos. Prof., PhD tech. sci, Sergey Myhajlyta, post-graduate**

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Analysis and prospects of development of technological methods of strengthening of heads of pistons of auto of tractor engines**

A research purpose is development on the basis of the conducted literaternogo analysis of cycle of theoretical and practical tasks for purposeful continuation of researches with the purpose of establishment next to before known new scientific facts, their systematization, generalization and on that ground creation of technological process of a vacuum nitriding in the pulsating bunch of plasma which will allow to change a structure and properties in necessary direction, to create superficial layers with the preliminary set mechanical properties for various external of avtotraktornikh engines environments.

The basic technological methods of strengthening of heads of pistons of auto of tractor engines are considered in the article: perfection of composition and structure of aluminium alloys and technology of heat treatment; application highly of strong insertions is in the area of circular ditch; development of the progressive systems of the oily cooling of piston; re-enforcement of aluminium alloys by fibres and dispersible particles, creation of composition structure; development of progressive constructions of component piston; application of strengthening coating. Advantages and lacks of existent technologies are analysed. Modern approaches are selected that to the model of forming of the ion nitrided superficial layers, perspective of application of method of the ionic nitriding is marked with pointing of advantages, ways of development and reasons which interfere with wide introduction of this technology in a production process.

**an auto is tractor engines, heads of piston, vacuum nitriding in the pulsating bunch of plasma**

Одержано 22.05.17