



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 53180

(13) A

(51) 7 C21D5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ ОБРОБКИ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

1

2

(21) 2002032476

(22) 29 03 2002

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Баранов Дмитро Олександрович, Баранов  
Олександр Олександрович(73) ДОНЕЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ(57) 1 Спосіб обробки високоміцного чавуну, який  
включає нагрівання, пластичну деформацію в  
інтервалі 800 - 1100°C і охолодження, який  
відрізняється тим, що нагрівання ведуть зі  
швидкістю 5 - 100°C/хв до температури вище за  
точку Ас<sub>1</sub> на 250 - 350°C ступінчасто з темпера-  
турними зупинками, а пластичну деформацію ве-  
дуть під час температурних зупинок, розділених  
одна від одної інтервалом ΔТ

$$\Delta T = (T_k - T_n) \cdot \left( \frac{\ln f_2}{\ln f_3} - 1 \right)^{-1},$$

де ΔТ - інтервал між температурними зупинками,  
°С,Т<sub>к</sub> і Т<sub>п</sub> - температури кінця і початку пластичної  
деформації чавуну, відповідно,f<sub>2</sub> і f<sub>3</sub> - коефіцієнти витягання під час всієї дефор-  
мації та температурної зупинки, що дорівнює 1,10 -  
1,40, відповідно2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що пла-  
стичну деформацію ведуть прокаткою з кількістю  
температурних зупинок 2-53 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що пла-  
стичну деформацію ведуть на молоті, а нагрівання  
ведуть зі швидкістю 20 - 100°C/хв з кількістю тем-  
пературних зупинок не більш 104 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що охо-  
дження деформованого чавуну проводять на  
спокійному повітрі або стислим повітрям, або в  
рідкому середовищіВинахід відноситься до галузі чорної металур-  
гії, а саме до обробки відливок з високоміцного  
чавуну і призначений для отримання заготовель  
чавунних деталейВідомий спосіб обробки чавуну, що включає  
багаторазові нагриви зі швидкістю вище за 30°C/хв  
до температури, що перевищує на 50 - 200°C точ-  
ку Ас<sub>3</sub>, охолодження на повітрі і додаткову ди-  
намічну обробку із загальною мірою деформації  
 $\varepsilon = \exp(-k\varepsilon')$ , де ε - загальна міра деформації, ε' -  
середня швидкість деформації за один цикл, k -  
коефіцієнт опору деформації матеріалу, рівний  
для чавуну 0,04 - 0,05 [А. с. СРСР № 1227694, кл.  
С21D 5/00, 8/00, опубл. 30 04 1986]. Цей спосіб  
забезпечує підвищення механічних і експлуатацій-  
них властивостей чавуну і призначений для обо-  
робки заготовель чавунних відливокЧерез високу швидкість нагрівання і охо-  
дження на повітрі не забезпечується в достат-  
ньому об'ємі розвиток процесів розчинення і виді-  
лення графіту, і, тим самим, не досягається  
необхідна щільність дефектів. Крім цього для ди-  
намічної обробки чавунні відливки вміщуються вобойму з сталі 40, що неприйнятно в масовому  
виробництві чавунних виробівНайбільш близьким аналогом винаходу, що  
заявляється, є спосіб термічної обробки високомі-  
цного чавуну, що включає подвійну нормалізацію  
при температурах вище за Ас<sub>3</sub> з проміжним охо-  
дженням на спокійному повітрі, перед яким чавун  
піддають гарячій пластичній деформації в інтере-  
валі 1100 - 800°C з мірою обтиснення 20 - 60% і ос-  
таточне охолодження струменем стислого пові-  
тря [А. с. СРСР № 969759, кл. С21D 5/00, 5/02,  
опубл. 30 10 1982]. Цей спосіб призначений для  
підвищення міцності і пластичності чавунуУ близькому аналогу і в способі, що пропону-  
ється, проводиться нагрів, пластична деформація  
в інтервалі 800 - 1100°C і охолодженняВідомий спосіб не забезпечує отримання не-  
обхідного технічного результату, а саме високої  
деформованості при гарячій пластичній деформації  
через неможливість розчинення деформованого  
спотвореного графіту і небезпечність скупчень  
дислокацій тому, що не має часу для здійснення  
цих процесів та мала розчинність вуглецю без від-

(13) A

(11) 53180

(19) UA

повідного підвищення температури. У відомому способі чавунні відливки деформують куванням нагрітої до 1100°C заготовки і при безперервному охолодженні до 800°C з обмеженою мірою обтиснення до 60%. Спосіб неприйнятний для обробки високоміцного чавуну з мірою обтиснення більш за 50% через недостатню пластичність і можливість утворення тріщин. В відомих способах деформацію робили при охолодженні, це вело до накопичення дислокацій в аустеніті та росту спотворень у графіті, що в умовах зменшення пластичності веде до передчасного руйнування чавуну. Це не дозволяє використати чавун для виготовлення листа, дроту і складник по конфігурації важконавантажених деталей.

У основу винаходу поставлена задача удосконалення способу обробки високоміцного чавуну, в якому за рахунок розчинення деформованого графіту і усунення скупчень дислокацій шляхом рекристалізації забезпечується збільшення деформовності чавуну.

Поставлена задача досягається там, що в способі обробки високоміцного чавуну, що включає нагрів, пластичну деформацію в інтервалі 800 - 1100°C і охолодження, згідно з винаходом нагрів ведуть зі швидкістю 5 - 100°C/хв до температури вище за точку  $A_{c1}$  на 250 - 350°C ступінчасто з температурними зупинками, а пластичну деформацію ведуть під час температурних зупинок, розділених одна від одної інтервалом  $\Delta T$ .

$$\Delta T = (T_x - T_n) \cdot \left( \frac{\ln f_x}{\ln f_n} - 1 \right)^{-1},$$

де  $\Delta T$  - інтервал між температурними зупинками, °C,

$T_n$  і  $T_n$  - температури кінця і початку пластичної деформації чавуну відповідно,

$f_x$  і  $f_n$  - коефіцієнти витягу під час всієї деформації та температурної зупинки, що дорівнює 1,10 - 1,40, відповідно,

Доцільно пластичну деформацію вести прокаткою з кількістю температурних зупинок 2 - 5. Доцільно пластичну деформацію вести на молоті, а нагрів ведуть зі швидкістю 20 - 100°C/хв з кількістю температурних зупинок не більш 10. Охолодження деформованого чавуну доцільно проводити на спокійному повітрі, або стислим повітрям, або в рідкому середовищі.

Гаряча пластична деформація відливок чавуну під час температурних зупинок з порівняно невеликим обтисненням не приводить до утворення тріщин. Але при цьому відбувається руйнування приповерхневих дільниць графітних включень. Через це ослаблюються міжатоми зв'язки в графіті, що робить ці дільниці нездатними до подальшої деформації. Знижує здібність до деформування чавуну і утворення скупчень дислокацій в твердому розчині залізу. При досить великих скупченнях це може привести до утворення тріщин в твердому розчині. З підвищенням температури, внаслідок збільшення розчинності вуглецю в залізі, зруйнований приповерхневий шар графіту розчинюється, а скупчення дислокацій в твердому розчині усуваються завдяки полігонізації та рекристалізації. У результаті, до моменту наступної температурної зупинки, чавун відновлює здатність до деформування. Таким чином, зміцнення через накопичення дефектів на етапі деформації усувається завдяки знеміцненню під впливом виникаючого при нагріві розчинення графіту, а також полігонізації і рекристалізації аустеніту. Чергування нагрівів з температурними зупинками, під час яких ведуть деформацію чавуну на 20 - 50%, здійснюється аж до 1100°C. Графічно режим обробки за способом, що заявляється, представлений на фігурі, де стадії деформування показані зігзагом.

Охолодження деформованого чавуну може проводитися на спокійному повітрі, стислим повітрям або в рідкому середовищі, що забезпечує отримання в чавуні необхідної деформовності.

Таблиця

№ п/п	Параметри обробки						Охолоджуюче середовище	Критична міра обтиснення (%), при якій з'являються перші тріщини
	V <sub>нагр</sub> , °C/хв	T <sub>початк дефор</sub> , °C	T <sub>кін дефор</sub> , °C	ΔT, °C	Кількість ци- клів дефор- мації	Загальна міра деформації, %		
Відомий спосіб - аналог								
1	50	1000	800	-	3	60	на повітрі	51
Відомий спосіб - найближчий аналог								
2	20	1100	800	-	1	60	на повітрі	53
Запропонований спосіб								
3	5	800	1050	50	6	75	на повітрі	63
4	5	800	1000	50	5	75	на повітрі	64
5	30	800	1000	10	3	75	на повітрі	65
6	50	800	1025	75	4	75	на повітрі	64
7	100	800	1100	150	3	75	на повітрі	64
8	30	800	1000	200	2	75	на повітрі	63

Приклад. Відливки перлитного чавуну з кулястим графітом, що містив 2,88% C, 2,84% Si, 0,78% Mn, 0,015% S, 0,08% P, 0,08% Cr і 0,048% Mg, піддавали графітізуючому відпалюванню при 680°C протягом 20 годин, після чого вони придбали ферито-графітну структуру.

З відливок феритного чавуну вирізали клиновидні зразки довжиною 100мм і шириною 20мм із змінною висотою 4 і 20мм на протилежних кінцях зразку. На поверхні зразку через кожні 10мм наносили мітки і визначали ви-

соту зразків. Зразки нагрівали зі швидкістю 5 - 100°C/хв до 800°C, після витримки протягом 1 - 10 хвилин піддавали прокатці на гладкій бочці двухвалкового стану 340 з максимальним обтисненням у високій частині зразків на 4мм. Після цього зразки вміщували в піч, нагрівали зі швидкістю 10°C/хв до 900°C і піддавали деформації до товщини 12мм. Надалі нагрів поновлювали і зразки деформували при 950°C до товщини 8 мм і при 1000 - 1100°C до 4мм. Зразки охолоджували на спокійному повітрі до 20°C і проводили металографічне

дослідження. Параметри обробки зразків по різних режимах і отримані результати наведені в таблиці.

Для порівняння проводили обробку таких же зразків за відомим способом - аналогу і способом - найближчому аналогу. Як впливає з таблиці, використання способу, що заявляється, збільшує критичну міру обтиснення, при якій виявляються перші тріщини на бічній поверхні прокату, на 15 - 20% в порівнянні з відомими способами обробки. Це дозволяє розширити номенклатуру виробів з деформованого високоміцного чавуну.

