



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003137640/02, 29.12.2003

(24) Дата начала действия патента: 29.12.2003

(45) Опубликовано: 27.06.2005 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2134308 C1, 10.08.1999. RU 2215059 C2, 27.10.2003. SU 1637360 A1, 15.11.1994. US 5120373 A, 09.06.1992.

Адрес для переписки:  
105118, Москва, пр-т Буденного, 16, ФГУП  
"ММПП "Салют", правовое управление, пат.пov.  
С.Е. Кирееву, рег.№ 598

(72) Автор(ы):

Онищенко А.К. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

Федеральное государственное унитарное  
предприятие "Московское машиностроительное  
производственное предприятие "Салют" (RU)

## (54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПРУТКОВ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к обработке металлов давлением, а именно к изготовлению заготовок узлов газотурбинного двигателя, и может быть использовано в авиа двигателестроении и машиностроении. Способ включает нагрев прутка из жаропрочного сплава и его деформацию за несколько переходов. Для достижения однородности химического состава и структуры по объему заготовки и повышения технологических свойств сплава при последующей механической

обработке, по меньшей мере, один переход осуществляют при температуре, превышающей температуру начала растворения упрочняющей интерметаллидной фазы сплава. После чего осуществляют штамповку в интервале температур от температуры начала рекристаллизации до температуры конца рекристаллизации для получения однородной мелкозернистой структуры, что обеспечивает высокий уровень общих физико-механических свойств заготовки и изделия в целом.

C1  
C6  
C3  
C5  
C1  
C2  
C2  
RU

RU  
2 2 5 5 1 3 6 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2003137640/02, 29.12.2003

(24) Effective date for property rights: 29.12.2003

(45) Date of publication: 27.06.2005 Bull. 18

Mail address:

105118, Moskva, pr-t Budennogo, 16, FGUP  
"MMPP "Saljut", pravovoe upravlenie,  
pat.pov. S.E. Kireevu, reg.№ 598

(72) Inventor(s):

Onishchenko A.K. (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatiye "Moskovskoe mashinostroitel'noe  
proizvodstvennoe predpriyatiye "Saljut" (RU)

**(54) METHOD OF PLASTIC WORKING OF THE HIGH-TEMPERATURE RESISTANT ALLOYS BARS  
USED FOR PRODUCTION OF GAS-TURBINE ENGINE COMPRESSOR BLADES**

(57) Abstract:

FIELD: aircraft industry; mechanical engineering; methods of metals plastic working.

SUBSTANCE: the invention is pertaining to the methods of metals plastic working, in particular, to production of blanks for units of a gas turbine engine and may be used in production of aircraft engines and in mechanical engineering. The method includes heating of a high-temperature resistant alloy bar and its straining during several runs. For obtaining a homogeneity of the blank chemical composition and structure in the whole volume of the blank and for increasing the alloy mechanical properties during the blank subsequent machining at least one run is conducted at the temperature exceeding the

temperature of the beginning of the alloy hardening inter-metallic phase dissolution. Then, they conduct a press forming in the interval of the temperatures from the temperature of a recrystallization process start to the temperature of the recrystallization process end for production of the uniform fine grained structure, that ensures a high level of general physical-mechanical properties of the blank and the item as a whole.

EFFECT: the invention ensures production of the uniform fine-grained structure and a high level of general physical-mechanical properties of the blank and the item as a whole.

2 ex

RU 2255136 C1

RU 2255136 C1

Изобретение относится к обработке металлов давлением, а именно к изготовлению заготовок, например, для узлов ГТД, и может быть использовано в авиадвигателестроении и машиностроении.

Известен способ штамповки заготовок, включающий нагрев заготовки, ее штамповку и охлаждение за несколько переходов (см. авторское свидетельство СССР №660770, МКИ В 21 К 3/04, опубл. 05.05.79 г.) - аналог.

Однако данный способ не позволяет получить необходимую макро- и микроструктуру заготовки, что отрицательно сказывается на качестве получаемых изделий.

Известен способ обработки давлением жаропрочных сплавов, включающий нагрев заготовки и ее деформацию за несколько переходов (см. патент РФ №2134308, С 22 F 1/18, опубл. 10.08.1999 г.) - прототип.

Недостатками данного решения являются нестабильность физико-механических свойств изделия и высокая трудоемкость процесса обработки.

Предлагаемое изобретение решает задачу повышения таких характеристик изделия, как надежность и усталость, путем оптимизации структуры и механических свойств заготовки, при одновременном снижение трудоемкости процесса.

Поставленная задача решается тем, что в способе обработки прутков из жаропрочных сплавов для получения лопаток компрессора газотурбинного двигателя, включающем нагрев прутка и его деформацию за несколько переходов, по меньшей мере, один переход выполняют при температуре, превышающей температуру начала растворения упрочняющей интерметаллидной фазы сплава, после чего выполняют штамповку в интервале температур от температуры начала рекристаллизации до температуры конца рекристаллизации.

Для жаропрочных, например никелевых и титановых, сплавов температуры начала растворения упрочняющих интерметаллидных фаз  $Ti_3(Al, Sn)$ ,  $Ni_3(Al, Ti)$ , как правило, расположены в интервале от  $1040^\circ C$  до  $1200^\circ C$ . Нагрев заготовки перед операцией деформации до температуры растворения упрочняющей интерметаллидной фазы обеспечивает достижение однородности химического состава и структуры по объему заготовки, повышает технологические свойства сплава при последующей механической обработке.

Выполнение, по меньшей мере, одного перехода в интервале температур от температуры начала рекристаллизации до температуры конца рекристаллизации позволяет получить достаточно однородную мелкозернистую структуру, обеспечивающую высокий уровень общих физико-механических свойств заготовки, а следовательно, и изделия в целом.

Температура начала рекристаллизации жаропрочных сплавов, как правило, выше  $900^\circ C$ , причем конкретные значения температур выбирают в зависимости от заданных техническими условиями величины зерна, которое необходимо получить в готовом изделии.

Проведение операций обработки давлением при заявленных температурах со скоростью деформации ( $10^{-2}$  -  $10^{-3}$ )  $s^{-1}$  позволяет обеспечить достижение эффекта сверхпластичности в сплаве и минимальных усилий при деформации, например при штамповке, что позволит использовать менее мощное оборудование.

Например, для сплава ВТ3-1 температура начала рекристаллизации составляет  $880^\circ C$ , а температура окончания рекристаллизации  $930^\circ C$ . При нагревании его до температуры  $910$ - $930^\circ C$  и проведении изотермической штамповки при малых скоростях деформации, например  $10^{-3} s^{-1}$ , эти температуры соответствуют интервалу сверхпластичности сплава ( $\delta \approx 350\%$ ,  $\sigma \approx 4 \text{ кг}/\text{мм}^2$ ). При данных параметрах деформирования имеет место хорошее заполнение штампов при изготовлении деталей сложной формы, с одновременным формированием оптимальной макроструктуры детали.

#### Пример 1

Рассмотрим процесс обработки никелевых сплавов, предназначенных для изготовления лопаток компрессора газотурбинного двигателя из сплава ЭП 718 ИД, для которого (по

диаграмме):

- температура начала растворения упрочняющей интерметаллидной фазы по диаграмме равна 1080° С,
- 5 температура начала рекристаллизации равна 880° С,
- температура конца рекристаллизации 950° С.
- Пруток разрезали на мерные заготовки диаметром 15 мм и длиной 20 мм и помещали их в электрическую печь для нагрева до температуры 1150° С, после чего осуществляли выдавливание заготовок на прессе с предварительным формированием пера и замка лопатки.
- 10 После этого вновь нагревали заготовку до температуры 1160° С и осуществляли штамповку. После чего производили обрезку облоя, зачищали, контролировали заготовку и производили ее нагрев до температуры 900° С, после чего осуществляли штамповку лопатки до заданных размеров.
- 15 В результате были получены лопатки со следующими механическими свойствами:  
 $\sigma_{\beta} = 126,5 \text{ (кг/мм}^2)$ ,  $\sigma_{0,2} = 78,5 \text{ (кг/мм}^2)$ ,  $\delta = 26\%$ ,  $\psi = 47,3\%$ ,  $KCU = 12,2 \text{ (кг}\times\text{м/см}^2)$ ;  
 при требовании технических условий:  
 $\sigma_{\beta} = 115,0 \text{ (кг/мм}^2)$ ,  $\sigma_{0,2} = 70,0 \text{ (кг/мм}^2)$ ,  $\delta = 12\%$ ,  $\psi = 14,0\%$ ,  $KCU = 3,5 \text{ (кг}\times\text{м/см}^2)$ .
- Пример 2
- 20 Рассмотрим процесс изготовления лопатки компрессора низкого давления газотурбинного двигателя из сплава ВТЗ-1, для которого температура начала растворения упрочняющей интерметаллидной фазы сплава - 1080° С,  
 температура начала рекристаллизации сплава - 880° С,  
 температура конца рекристаллизации сплава - 930° С.
- 25 Штамповку осуществляют за три операции: высадка, штамповка при температуре, превышающей температуру начала растворения упрочняющей интерметаллидной фазы сплава, и штамповка в интервале температур от температуры начала рекристаллизации до температуры конца рекристаллизации сплава.
- Сначала производили высадку круглой заготовки диаметром 13 мм и длиной 200 мм с
- 30 двух противоположных сторон с набором металла под два хвостовика лопатки. Местный нагрев заготовки под высадку осуществляли методом электрического сопротивления до температуры 950-980° С. После нагрева и кантовки высадили две заготовки диаметром 30 мм и высотой 20 мм. При этом центральную часть прутка не нагревали, поэтому после высадки полученная заготовка по всему объему имеет разнозернистую структуру.
- 35 Для выравнивания последней и полного растворения упрочняющей интерметаллидной фазы Ti<sub>3</sub> (Al) нагрев заготовки под переходы штамповки, осуществляемые при температуре, превышающей температуру начала растворения упрочняющей интерметаллидной фазы, производили до температуры 1100° С.
- После чего осуществляли переходы штамповки в изотермических условиях, при этом
- 40 нагрев заготовки осуществляли до температуры в интервале температур от Тн.р. до Тк.р. для данного сплава, а именно до температуры 920° С.
- В результате были получены следующие результаты:
- $\sigma_{\beta} = 105,2 \text{ (кг/мм}^2)$ ,  $\delta = 21,2\%$ ,  $\psi = 55,3\%$ ,  $KCU = 5,7 \text{ (кг}\times\text{м/см}^2)$ ;
- 45 при требовании технических условий:  
 $\sigma_{\beta} = 100,0-120,0 \text{ (кг/мм}^2)$ ,  $\delta \geq 12\%$ ,  $\psi \geq 3,5\%$ ,  $KCU \geq 3,0 \text{ (кг}\times\text{м/см}^2)$ .

#### Формула изобретения

Способ обработки прутков из жаропрочных сплавов для получения лопаток компрессора газотурбинного двигателя, включающий нагрев прутка из жаропрочного сплава и его деформацию за несколько переходов, отличающийся тем, что, по меньшей мере, один переход осуществляют при температуре, превышающей температуру начала растворения упрочняющей интерметаллидной фазы сплава, после чего осуществляют штамповку в интервале температур от температуры начала рекристаллизации до температуры конца

рекристаллизации.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50