



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006135401/02, 05.04.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.04.2004

(43) Дата публикации заявки: 20.04.2008

(45) Опубликовано: 10.03.2009 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: JP 02-129328 A, 17.05.1990. JP 08-  
283889 A, 29.10.1996. GB 540795 A,  
30.10.1941. US 4406712 A, 27.09.1983. SU  
326237 A, 19.01.1972.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:  
05.10.2006(86) Заявка РСТ:  
EP 2004/050449 (05.04.2004)(87) Публикация РСТ:  
WO 2005/108631 (17.11.2005)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры", пат.пов. Г.Б. Егоровой, рег.№ 513

(72) Автор(ы):  
ВЕНСАН Эмманюэль (CH)(73) Патентообладатель(и):  
СВИССМЕТАЛ-ЮМС ЮЗИН МЕТАЛЛЮРЖИК  
СЮИСС СА (CH)(54) ПОДДАЮЩИЙСЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СПЛАВ НА ОСНОВЕ МЕДИ И СПОСОБ ЕГО  
ПРОИЗВОДСТВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к получению  
металлического продукта из сплава на основе  
меди, легко обрабатываемого обточкой, резанием  
или прокаткой. Заготовка из сплава, содержащего,  
мас. %: никель 1-20, олово 1-20, свинец 0,2-3,  
медь - остальное, получена непрерывным литьем с  
последующей ковкой, заливкой в форму,  
распылительным формованием или  
полунепрерывным литьем с последующей

экструзией. Термическую обработку заготовки  
гомогенизацией проводят при температуре  
существования однофазной структуры с  
охлаждением со скоростью, обеспечивающей  
предотвращение растрескивания и ограничение  
образования двухфазной структуры. Показатель  
обрабатываемости продукта из заявленных  
сплавов превышает 80% относительно бронзы в  
соответствии со стандартом ASTM C36000 и может  
достигать даже 90%. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 4 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006135401/02, 05.04.2004**(24) Effective date for property rights: **05.04.2004**(43) Application published: **20.04.2008**(45) Date of publication: **10.03.2009 Bull. 7**(85) Commencement of national phase: **05.10.2006**(86) PCT application:  
**EP 2004/050449 (05.04.2004)**(87) PCT publication:  
**WO 2005/108631 (17.11.2005)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i  
Partnery", pat.pov. G.B. Egorovoj, reg.№ 513**

(72) Inventor(s):  
**VENSAN Ehmanjuehl' (CH)**(73) Proprietor(s):  
**SVISSMETAL-JuMS JuZIN METALLJuRZhIK  
SJuISS SA (CH)**(54) **MACHINABLE ALLOY ON BASIS OF COPPER AND METHOD OF ITS MANUFACTURING**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention concerns obtaining of metal product made of alloy on the basis of copper, tractable by turning, cutting or rolling. Blank made of alloy, containing, wt %: nickel 1-20, tin 1-20, lead 0.2-3, copper - the rest, is received by continuous casting with following forging, casting into molds, spray-type moulding or semicontinuous casting with following extrusion. Thermal treatment of blank by homogenizing annealing is implemented at

temperature of single-phase structure existing with cooling with speed, providing prevention of cracking and restriction of two-phase structure moulding. Product machinability index from declared alloys exceed 80% relative to bronze in concordance with standard ASTM C36000 and can reach even 90%.

EFFECT: obtaining of metal product from alloy on the basis of copper, tractable by turning, cutting or rolling.

14 cl, 5 tbl, 4 ex

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к сплаву на основе меди, никеля, олова, свинца и к способу его производства. В частности, настоящее изобретение относится к сплаву на основе меди, никеля, олова, свинца, легко обрабатываемому обточкой, резанием или прокаткой.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Сплавы на основе меди, никеля и олова являются известными и широко используются. Они имеют высокие механические свойства и показывают сильное твердение во время деформационного упрочнения. Их механические свойства дополнительно усовершенствуют известной обработкой термическим старением, такой как спинодальный распад. Механическое сопротивление сплава, содержащего 15 масс.% никеля и 8 масс.% олова (сплав в соответствии со стандартом ASTM C72900), может достигать 1500 МПа.

Другое выгодное свойство сплавов Cu-Ni-Sn состоит в том, что они имеют высокие трибологические свойства, сравнимые со свойствами бронз, и одновременно показывают превосходные механические свойства.

Другое преимущество указанных материалов заключается в их хорошей формуемости, сочетающейся с высокими упругими свойствами. Кроме того, данные сплавы имеют высокую коррозионную стойкость и высокое сопротивление тепловой релаксации напряжений. По этой причине пружины из сплавов Cu-Ni-Sn не утрачивают сжимающее усилие при старении, при вибрациях и сильных термических напряжениях.

Указанные выгодные свойства в сочетании с высокой тепло- и электропроводностью обеспечивают широкое использование данных материалов для изготовления высоконадежных соединителей для телекоммуникаций и автомобильной промышленности. Данные сплавы используются также в отдельных переключателях (выключателях) и электрических или электромеханических приспособлениях или в качестве подложек электронных блоков или для изготовления опорных трущихся поверхностей, подвергаемых высоким нагрузкам.

Сплавы Cu-Be могут довольно хорошо подвергаться механической обработке и могут конкурировать по механическим свойствам со сплавами Cu-Ni-Sn и даже превосходить их. Показатель обрабатываемости сплавов Cu-Be может достигать 50-60% относительно показателя латуни согласно стандарту ASTM C36000. Однако их стоимость является высокой и их производство, использование и возвращение на повторную переработку в основном сдерживаются вследствие высокой токсичности бериллия. Сопротивление данных материалов тепловой релаксации напряжений является более низким, чем сопротивление Cu-Ni-Sn для температур выше 150-175°C.

Один недостаток сплавов Cu-Ni-Sn состоит в том, что они плохо подходят для таких процессов, как прокатка, обточка или резание, или любого другого известного процесса. Дополнительный недостаток данных сплавов состоит в сильной сегрегации во время литья.

Поэтому задачей настоящего изобретения является создание сплава, объединяющего выгодные механические свойства сплавов на основе меди, никеля и олова с высокой способностью поддаваться механической обработке.

Другой задачей настоящего изобретения является создание способа производства поддающегося механической обработке продукта на основе Cu-Ni-Sn, не имеющего недостатков способов предшествующего уровня.

Другой задачей настоящего изобретения является создание поддающегося механической обработке сплава, имеющего высокую упругость и механическое сопротивление и не содержащего бериллий или токсические элементы.

Дополнительной задачей настоящего изобретения является создание способа производства поддающегося механической обработке продукта на основе Cu-Ni-Sn, обеспечивающего возможность решения проблем, связанных с сегрегацией.

Данные задачи решаются в продукте и способе, которые являются объектами независимых пунктов формулы изобретения, тем, что поддающийся механической обработке продукт состоит из сплава, содержащего от 1 до 20 масс.% Ni, от 1 до 20

масс.% Sn, от 0,1 до 4 масс.% Pb, остальным, по существу, является медь, подвергнутого теплогомогенизирующей обработке, включающей стадию нагрева сплава с последующей стадией охлаждения с достаточно медленной скоростью для предотвращения растрескивания.

#### 5 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к сплавам на основе меди, никеля, олова и свинца, полученным способом непрерывного или полунепрерывного литья, «статической» отливкой в заготовки или литьем методом распылительного формования. Медноникелевооловянные сплавы имеют длительный период затвердевания, что приводит к заметной сегрегации во время литья. Из четырех вышеназванных способов способ литья распылительным формованием, известный также под названием метод «Osprey» и раскрытый, например, в документе EP0225732, дает возможность получить почти однородную микроструктуру, свидетельствующую о минимальной степени сегрегации. В данном способе металлическую заготовку получают непрерывным осаждением атомизированных капель. Сегрегация может происходить только на пленке атомизированных капелек. Диффузионные расстояния, необходимые для снижения сегрегации, поэтому сокращаются. В случае непрерывного или полунепрерывного литья сегрегация является более сильной, чем в способе распылительного формования, но она остается достаточно малой, что позволяет избежать чрезмерной хрупкости сплава. «Статическое» литье в заготовки приводит к сильной сегрегации, которая может быть устранена только длительной термообработкой.

Свинец, по существу, нерастворим в других металлах сплава, в связи с чем полученный продукт будет содержать частицы свинца, диспергированные в матрице Cu-Ni-Sn. Во время операций механической обработки свинец оказывает смазывающее действие и облегчает расщепление пленок.

Количество свинца, введенного в сплав, зависит от степени механической обрабатываемости, которую необходимо достигнуть. Обычно может быть введен свинец в количестве до нескольких масс.% без изменения механических свойств сплава при нормальной температуре. Однако при температуре выше точки плавления свинца (327°C), жидкий свинец сильно ослабляет сплав. Содержащие свинец сплавы трудно изготовить, с одной стороны, потому, что они имеют очень резко выраженную склонность к растрескиванию и, с другой стороны, потому, что они имеют двухфазную кристаллическую структуру, содержащую нежелательную ослабляющую фазу.

Способ согласно настоящему изобретению дает возможность получить поддающийся механической обработке продукт Cu-Ni-Sn-Pb, имеющий высокие механические свойства, содержащий до нескольких масс.% свинца, без его растрескивания во время изготовления. Доля свинца может изменяться в диапазоне от 0,1 до 4 масс.%, предпочтительно от 0,2 до 3 масс.%, еще более предпочтительно от 0,5 до 1,5 масс.%.

После выплавки отливок дальнейшие способы производства могут быть разделены на получение последовательных заготовок; для первой заготовки могут быть рассмотрены два случая, в зависимости от того, каким способом изготовлен продукт: непрерывным литьем заготовок с малым диаметром или «статической» отливкой в заготовки, распылительным формованием, полунепрерывным или непрерывным литьем заготовок с большим диаметром.

Продукты согласно изобретению характеризуются высокой механической обрабатываемостью, которая превосходит таковую характеристику сплавов Cu-Be. Показатель обрабатываемости заявленных сплавов превышает 80% относительно показателя латуни согласно стандарту ASTM C36000 и может достигать даже 90%.

#### Первая заготовка

Сплавы, полученные непрерывным литьем прутка малого диаметра, например 25 мм или менее, подвергают теплогомогенизирующей обработке или стадии холодной деформации ковкой с последующей гомогенизационной и рекристаллизационной обработкой. Температура термической обработки должна находиться в диапазоне, в котором сплав является однофазным. Охлаждение после термической обработки должно

происходить с достаточно медленной скоростью, чтобы предотвратить растрескивание сплава вследствие внутренних напряжений, созданных за счет разности температур во время охлаждения, и достаточно быстро, чтобы ограничить образование двухфазной структуры. Если скорость является слишком медленной, может появиться заметное

5 количество второй фазы. Указанная вторая фаза является очень хрупкой и значительно уменьшает деформируемость сплава. Критическая скорость охлаждения, необходимая для избежания образования слишком большого количества второй фазы, будет зависеть от химического состава сплава и при более высоком содержании никеля и олова будет выше.

Кроме того, в сплаве во время охлаждения возникают переходные внутренние  
10 напряжения. Они связаны с разностью температур между поверхностью и сердцевиной продукта. Если данные напряжения превышают стойкость сплава, сплав будет растрескиваться и является затем непригодным для использования. Внутренние напряжения, вследствие охлаждения, тем выше, чем больше диаметр продукта. Критические скорости охлаждения для избежания растрескивания зависят поэтому от  
15 диаметра продукта. Данная проблема является еще более актуальной для сплавов Cu-Ni-Sn-Pb, поскольку выше их температуры плавления, равной 327°C, свинец значительно ослабляет сплав.

В способе согласно настоящему изобретению охлаждение после термической обработки происходит с заданной скоростью с учетом химии сплава и поперечного размера или  
20 диаметра продукта. В то же время скорость охлаждения должна быть достаточно низкой, чтобы предотвратить растрескивание, и достаточно высокой, чтобы предотвратить образование слишком большого количества охрупчивающей фазы.

Во время производства продукта большого диаметра внутренние напряжения, вследствие разности температур, являются большими, чем в продукте малых размеров и,  
25 следовательно, скорость охлаждения должна быть ограничена. В то же время высокие содержания Ni и Sn ускоряют образование охрупчивающей фазы и требуют более быстрого охлаждения.

Сплавы, полученные распылительным формованием, «статической» отливкой в заготовки или полунепрерывным литьем, подвергают обработке горячей экструзией. Это  
30 касается также сплавов, полученных непрерывным литьем, если продукт большого диаметра. Охлаждение во время экструзии должно быть достаточно медленным, чтобы предотвратить растрескивание, и достаточно быстрым, чтобы ограничить образование охрупчивающей второй фазы. Альтернативно, если охлаждение во время экструзии является слишком медленным, после экструзии должны следовать обработки  
35 теплоомогенизацией и рекристаллизацией, которые указаны выше для случая производства продуктов малого диаметра непрерывным литьем.

После изготовления первой заготовки конечный поддающийся механической обработке продукт должен быть получен непосредственно при одной или нескольких операциях  
40 холодной деформации, например прокаткой, волочением в проволоку, формованием с вытяжкой, или любым другим способом холодной деформации, или получен из одной или нескольких последующих заготовок.

Последующие заготовки

Из первой заготовки получали последующие заготовки в одной или в нескольких операциях холодной деформации с последующей рекристаллизацией при нагреве  
45 обработкой. Температура обработки для рекристаллизации должна находиться в диапазоне, в котором сплав является однофазным. Охлаждение после термической обработки должно происходить с достаточно медленной скоростью, чтобы предотвратить растрескивание, но всегда достаточно быстро, чтобы ограничить образование двухфазной структуры. Вследствие изготовления последующих заготовок размер продукта  
50 уменьшается. Из последней заготовки при одной или нескольких операциях холодной деформации получают конечный продукт.

Механические свойства полученного сплава могут быть затем улучшены термической обработкой, включающей спинодальный распад. Таковую обработку можно осуществить

перед конечной механической обработкой или после нее.

Далее будут представлены примеры способов и поддающихся механической обработке продуктов в соответствии с настоящим изобретением. В последующих примерах температуры охлаждения относятся к сердцевине продукта.

5 Пример 1

Химический состав сплава в данном примере представлен в таблице 1.

Таблица 1	
Компонент	Часть (массовая)
Cu	остальное
Ni	7,5%
Sn	5%
Pb	1%
Mn	0,1-1%
другие	<0,5%

10

15 Марганец вводят в состав в качестве раскислителя. Его, однако, можно использовать вместо других элементов или добавок, предотвращающих окисление сплава.

Данный сплав может быть отлит в соответствии с различными вышеуказанными способами. В данном примере сплав получают непрерывным литьем заготовки диаметром 180 мм.

20

Первая заготовка

25 Экструдировать заготовки, например, диаметром 18 мм. На выходе из экструзионной головки сплав охлаждают потоком сжатого воздуха, обеспечивая достижение скорости охлаждения от 50 до 300°C/мин, измеренной в центре сплава. Данная скорость является достаточно медленной, чтобы избежать растрескивания, и достаточно быстрой, чтобы ограничить образование хрупкой второй фазы. Может быть также использовано  
30 охлаждение водной струей, обеспечивающее достижение скоростей охлаждения от 300 до 1000°C/мин без растрескивания материала. Для достижения подходящей скорости охлаждения могут быть также использованы другие средства. Если охлаждение на выходе из экструзионной головки является недостаточно быстрым, может образоваться слишком  
35 большая доля второй фазы, при этом сплав необходимо подвергать обработке гомогенизацией при таких же значениях скорости охлаждения и при температуре в диапазоне, в котором сплав является однофазным, то есть для состава таблицы 1 при температуре от 690 до 920°C.

Вторая заготовка

35

Материал первой заготовки с диаметром 18 мм прокатывают до диаметра 13 мм, затем отжигают в проходной печи или печи со съемным сводом. Для сплава с химическим составом по примеру 1 температура отжига должна находиться в диапазоне от 690 до 920°C. Для ограничения образования второй фазы в данном составе и для диаметра 13 мм достаточна скорость охлаждения порядка 10°C/мин. Кроме того, возможность  
40 предотвращения растрескивания и ограничение образования охрупчивающей второй фазы обеспечивает охлаждение водной струей со скоростью от 300 до 3000°C/мин.

Чистовая обработка

45

Материал второй заготовки вытягивают в проволоку волочением или формуют с вытяжкой до диаметра 8 мм с получением поддающегося механической обработке продукта. Наконец осуществляют обработку со спинодальным распадом поддающегося механической обработке продукта или поддающихся механической обработке деталей с получением оптимальных механических свойств.

Пример 2

Химический состав сплава в данном примере представлен в таблице 2.

50

Таблица 2	
Компонент	Часть (массовая)
Cu	остальное
Ni	9%
Sn	6%

Pb	1%
Mn	0,1-1%
другие	<0,5%

В данном примере сплав получают непрерывным литьем прутков диаметром 18 мм.

#### Первая заготовка

Прутки подвергают обработке гомогенизацией в проходной печи при температуре от 700 до 920°C, соответствующей однофазному диапазону для химического состава по примеру 2. Скорость охлаждения от 100 до 1000°C/мин обеспечивает возможность предотвращения растрескивания и ограничения доли охрупчивающей второй фазы. Такие скорости охлаждения могут быть достигнуты, например, с использованием сжатого воздуха, водной струи или газо-водяного охладителя.

#### Вторая заготовка

Материал первой заготовки с диаметром 18 мм прокатывают, вытягивают в проволоку волочением или формуют с вытяжкой до диаметра 13 мм, затем отжигают в проходной печи при температуре в диапазоне от 700 до 920°C. При диаметре 13 мм и химическом составе, представленном в таблице 2, скорость охлаждения от 100 до 3000°C/мин обеспечивает возможность ограничения образования второй фазы с одновременным избеганием растрескивания.

#### Третья заготовка

Материал второй заготовки с диаметром 13 мм прокатывают, вытягивают в проволоку волочением или формуют с вытяжкой до диаметра 10 мм, затем отжигают в проходной печи или печи для отжига при температуре от 700 до 920°C. При диаметре 10 мм и химическом составе, представленном в таблице 2, скорость охлаждения от 100 до 15000°C/мин обеспечивает возможность ограничения образования второй фазы без возникновения растрескивания.

#### Четвертая заготовка

Материал третьей заготовки с диаметром 10 мм прокатывают, вытягивают в проволоку или формуют с вытяжкой до диаметра 7 мм, затем отжигают в проходной печи или печи для отжига при температуре от 700 до 920°C. При диаметре 7 мм и химическом составе, представленном в таблице 2, скорость охлаждения от 100 до 20000°C/мин обеспечивает возможность ограничения образования охрупчивающей второй фазы без возникновения растрескивания.

#### Пятая заготовка

Материал четвертой заготовки с диаметром 7 мм прокатывают, вытягивают в проволоку волочением или формуют с вытяжкой до диаметра 5 мм, затем отжигают в проходной печи или печи для отжига при температуре от 700 до 920°C. При диаметре 5 мм и химическом составе, представленном в таблице 2, скорость охлаждения от 100 до 30000°C/мин обеспечивает возможность ограничения образования охрупчивающей второй фазы без возникновения растрескивания. Скорость охлаждения порядка 15000°C/мин может быть достигнута закалкой в соответствующих текучих средах.

#### Шестая заготовка

Материал пятой заготовки с диаметром 5 мм прокатывают, вытягивают в проволоку волочением или формуют с вытяжкой до диаметра 3 мм, отжигают в проходной печи или печи для отжига при температуре от 700 до 920°C, затем охлаждают со скоростью охлаждения от 100 до 40000°C/мин.

#### Седьмая заготовка

Материал шестой заготовки диаметром 3 мм прокатывают, вытягивают в проволоку волочением или формуют с вытяжкой до диаметра 2 мм, отжигают в проходной печи или печи для отжига при температуре от 700 до 920°C, затем охлаждают со скоростью охлаждения от 100 до 40000°C/мин.

#### Восьмая заготовка

Материал седьмой заготовки с диаметром 2 мм прокатывают, вытягивают в проволоку

или формуют с вытяжкой до диаметра 1,60 мм, отжигают в проходной печи или печи для отжига при температуре от 700 до 920°C и затем охлаждают со скоростью охлаждения от 100 до 50000°C/мин.

#### Чистовая обработка

5 Материал восьмой заготовки прокатывают, вытягивают в проволоку или формуют с вытяжкой до диаметра 1 мм с получением поддающегося механической обработке продукта. Наконец осуществляют обработку спинодальным распадом поддающегося механической обработке продукта или поддающихся механической обработке деталей с получением оптимальных механических свойств.

10 Испытание «метод испытания ASTM на механическую обрабатываемость» предлагает метод определения показателя обрабатываемости относительно стандарта CuZn39Pb3 или латуни С36000. Показатель обрабатываемости сплава в соответствии с данным аспектом изобретения на 80% выше.

#### Пример 3

15 Химический состав сплава в данном примере является таким же, как во втором примере, представленном таблицей 2. В данном примере сплав получен непрерывным литьем с диаметром 25 мм.

#### Первая заготовка

20 Отливку из прутка диаметром 25 мм проковывают до диаметра 16 мм. Проковка дает возможность материалу деформироваться со значительной степенью обжатия без предварительной обработки теплового гомогенизацией. При использовании такого метода на данной стадии может быть допущено высокое содержание остатка охрупчивающей второй фазы. Объемная доля второй фазы может составлять порядка 50%.

25 Послековки прутки диаметром 16 мм подвергают обработке гомогенизацией и рекристаллизацией в проходной печи. Температура термической обработки должна составлять от 700 до 920°C. Последующее охлаждение будет происходить со скоростью от 100 до 3000°C/мин. Указанные скорости охлаждения дают возможность предотвратить растрескивание и ограничить содержание второй фазы в продукте указанного диаметра и состава. Такие скорости могут быть получены с использованием сжатого воздуха, водной струи или газо-водяных охладителей.

#### Чистовая обработка

30 Материал первой заготовки вытягивают в проволоку или формуют с вытяжкой до диаметра 10 мм с получением поддающегося механической обработке продукта. Наконец осуществляют обработку спинодальным распадом поддающегося механической обработке продукта или поддающихся механической обработке деталей с получением оптимальных механических свойств.

#### Пример 4

Химический состав сплава в данном примере представлен в таблице 3:

Таблица 3	
Компонент	Часть (массовая)
Cu	остальное
Ni	15%
Sn	8%
Pb	1%
Mn	0,1-1%
другие	<0,5%

Данный сплав может быть отлит в соответствии с различными вышеуказанными методами. В данном примере сплав может быть получен распылительным формованием заготовок, диаметр которых составляет 240 мм.

#### Первая заготовка

50 Экструдировывают заготовки, например, диаметром 20 мм. Если размеры неровностей заготовок являются слишком большими, перед экструзией может быть необходима стадия обточки. На выходе из экструзионной головки сплав охлаждают водной струей,



обеспечивая достижение скорости охлаждения от 300 до 3000°C/мин, измеренной в сердцевине сплава. Данная скорость является достаточно медленной, чтобы избежать растрескивания, и достаточно быстрой, чтобы ограничить образование охрупчивающей второй фазы. Если охлаждение на выходе из экструзионной головки является

5  
недостаточно быстрым, может образовываться слишком большая доля второй фазы. Сплав может быть затем подвергнут обработке гомогенизацией при таких же значениях скорости охлаждения и при температуре в диапазоне, в котором сплав является однофазным, то есть для состава таблицы 3 при температуре от 780 до 920°C.

#### Вторая заготовка

10  
Материал первой заготовки с диаметром 20 мм проковывают до диаметра 11 мм, затем отжигают в проходной печи. Для сплава с химическим составом примера 3 температура отжига должна составлять от 780 до 920°C. Для диаметра 11 мм и химического состава таблицы 3 скорость охлаждения, составляющая от 300 до 15000°C/мин, обеспечивает

15  
ограничение присутствия второй фазы с одновременным предотвращением растрескивания. Использование ковки обеспечивает возможность достижения значительных скоростей деформационного упрочнения даже для хрупкого материала. При использовании данного метода содержание остатка охрупчивающей второй фазы может быть выше, чем в способах прокатки, вытягивания в проволоку или формирования с

20  
вытяжкой. Оно может достигать значений порядка 50 об. %.

#### Третья заготовка

Материал второй заготовки диаметром 11 мм проковывают до диаметра 6,5 мм, затем отжигают в проходной печи или печи для отжига при температуре от 780 до 920°C. При диаметре 6,5 мм сплав таблицы 3 обеспечивает скорости охлаждения от 300 до

25  
20000°C/мин без растрескивания. Данные скорости обеспечивают возможность ограничения содержания охрупчивающей второй фазы.

#### Чистовая обработка

Материал третьей заготовки вытягивают в проволоку или формуют с вытяжкой до диаметра 4 мм с получением поддающегося механической обработке продукта. Наконец

30  
осуществляют обработку со спинодальным распадом поддающегося механической обработке продукта или поддающихся механической обработке деталей с получением оптимальных механических свойств.

#### Испытание на охлаждение

Образцы заявленного сплава подвергали испытанию на быстрое охлаждение для

35  
определения возникновения растрескивания. Химический состав сплава в данном испытании представлен в таблице 2.

Образцы подвергали термической обработке при температуре 800°C и затем быстро охлаждали погружением в среду для отпуска (EXXON XD90) и в воду.

При каждом охлаждении скорость охлаждения в °C/мин измеряли термпарой в

40  
сердцевине образца. Присутствие растрескивания подтверждали испытанием на растяжение.

Таблица 4				
диаметр/мм	скорость XD90	испытание на растяжение	скорость в воде	испытание на растяжение
4	24000	○	63000	Ч
6	16000	○	48500	Ч
8	12000	○	33000	Ч
10,8	8350	○	-	Ч
13	6500	○/Ч	23500	Ч

(○ = хороший результат / Ч = неудачный результат).

45  
Испытание позволяет наблюдать, что диаметры до примерно 10 мм могут допускать охлаждение в среде для отпуска. С другой стороны, отпуск в воде всегда приводит к растрескиванию образца, и при этом охлаждение можно допускать до минимального диаметра 4 мм.

Для сплавов Cu-Ni-Sn-Pb в виде изделий малых размеров могут быть использованы скорости охлаждения более чем 24000°C/мин. В данном случае отпуск в воде может быть эффективным, если размер продукта является достаточно малым для того, чтобы ограничить неустановившиеся внутренние напряжения и таким образом предотвратить образование растрескивания.

Каждый из поддающихся механической обработке продуктов в примерах 1, 2, 3 и 4 может быть изготовлен способами по примерам 1, 2, 3 и 4, при условии, что скорости охлаждения и температуры термической обработки приспособлены к химическим составам и размерам. В каждом из представленных примеров число заготовок может изменяться в зависимости от размера конечного продукта.

Часть меди в сплавах настоящего изобретения может быть замещена другими элементами, например Fe, Zn или Mn, например, в количестве до 10%.

Могут также присутствовать другие элементы, такие как Nb, Cr, Mg, Zr и Al, в количестве до нескольких процентов. Указанные элементы, кроме прочих, улучшают спинодальную закалку.

#### Формула изобретения

1. Способ производства металлического продукта из сплава, содержащего от 1 до 20 мас.% никеля, от 1 до 20 мас.% олова, от 0,2 до 3 мас.% свинца, остальным по существу является медь, включающий получение заготовки, ее термическую обработку гомогенизацией при температуре существования однофазной структуры, охлаждение со скоростью, обеспечивающей предотвращение растрескивания и ограничение образования двухфазной структуры в сплаве.

2. Способ по п.1, в котором после термической обработки проводят холодную деформацию прокаткой, волочением в проволоку, формованием с вытяжкой или ковкой.

3. Способ по п.1, в котором термическую обработку проводят в проходной печи.

4. Способ по п.1, в котором заготовку получают непрерывным литьем с последующей ковкой или заливкой в форму, или распылительным формованием, или полунепрерывным литьем с последующей экструзией.

5. Способ по п.1, в котором термическую обработку проводят при температуре от 690 до 920°C.

6. Способ по п.1, в котором поперечный размер заготовки во время термической обработки составляет от 1 до 100 мм.

7. Способ по п.1, в котором скорость охлаждения составляет от 10 до 24000°C/мин или от 10 до 4000°C/мин, или от 100 до 1500°C/мин.

8. Способ по п.1, в котором скорость охлаждения составляет от 100 до 1000°C/мин.

9. Способ по п.1, в котором после термической обработки проводят вытягивание в проволоку или формование с вытяжкой, или ковку, или прокатку.

10. Способ по п.1, включающий обработку со спинодальным твердением.

11. Способ по п.1, в котором сплав содержит от 6 до 8 мас.% никеля, от 4 до 6 мас.% олова и от 0,5 до 2 мас.% свинца.

12. Способ по п.1, в котором сплав содержит от 8 до 10 мас.% никеля, от 5 до 7 мас.% олова и от 0,5 до 2 мас.% свинца.

13. Способ по п.1, в котором сплав содержит от 14 до 16 мас.% никеля, от 7 до 9 мас.% олова и от 0,5 до 2 мас.% свинца.

14. Металлический продукт, полученный способом по п.1.