



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 44716

(13) C2

(51) B C22C38/40, C22C38/42

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) АУСТЕНИТНА НЕРЖАВІЮЧА СТАЛЬ

1

2

(21) 96041536

(22) 17 04 1996

(24) 15 03 2002

(31) 9504782

(32) 21 04 1995

(33) FR

(46) 15 03 2002, Бюл. № 3, 2002 р

(72) Дескав Фредерік, FR

(73) ЮЖІН - САВУА ІМФІ, FR

(56) EP 0567365, C22C38/42, 1993

US 5314549, C2108/00, 1994

(57) Аустенитная нержавеющая сталь для изготовления проволоки, которая может быть использована для волочения до диаметра менее 0,3 мм и в области изготовления деталей, подвергающихся усталости, которая содержит молибден, медь, а основу сплава составляет железо, отличающаяся тем, что она имеет следующий массовый состав, %

углерод меньше или равно  $200 \cdot 10^{-3}$ азот меньше или равно  $200 \cdot 10^{-3}$ 

марганец больше или равно 0,3 и меньше или равно 4

хром больше или равно 14 и меньше или равно 23

никель больше или равно 5 и меньше или равно 17

кремний больше или равно 0,3 и меньше или равно 2

сера меньше или равно  $10 \cdot 10^{-3}$ суммарный кислород больше или равно  $50 \cdot 10^{-4}$  и меньше или равно  $120 \cdot 10^{-4}$ алюминий больше или равно  $0,1 \cdot 10^{-4}$  и меньшеили равно  $20 \cdot 10^{-4}$ магний меньше или равно  $2 \cdot 10^{-4}$ кальций больше или равно  $0,1 \cdot 10^{-4}$  и не более  $5 \cdot 10^{-4}$ титан меньше или равно  $5 \cdot 10^{-3}$ 

молибден больше или равно 0,1 и меньше или равно 3

медь больше или равно 0,1 и меньше или равно 3, а остальное железо, в которой включения оксидов находятся в виде стекловидной смеси при следующих весовых пропорциях, %

SiO<sub>2</sub> больше или равно 40 и меньше или равно 60

MnO больше или равно 5 и меньше или равно 50

CaO больше или равно 1 и меньше или равно 30

MgO больше или равно 0,1 и меньше или равно 20

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> больше или равно 3 и меньше или равно 25Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> больше или равно 0,1 и меньше или равно 102 Сталь по пункту 1, отличающаяся тем, что в ее состав входит менее  $5 \cdot 10^{-3}$ % серы3 Сталь по п. 1, отличающаяся тем, что после горячей прокатки до диаметра 5 мм в ней содержится, численно, менее 5 включений оксидов с толщиной более 10 мкм на поверхности площадью 1000 мм<sup>2</sup>4 Сталь по п. 1, отличающаяся тем, что после горячей прокатки до диаметра более 5 мм, в ней содержится, численно, менее 10 включений сульфидов с толщиной более 5 мкм на поверхности площадью 1000 мм<sup>2</sup>

Настоящее изобретение относится к аустенитной нержавеющей стали для производства, например, проволоки, обладающей свойством быть особенно пригодной для использования в области волочения проволоки с диаметром менее 0,3 мм и в области изготовления изделий, подвергающихся усталости

Под нержавеющими сталями понимают спла-

вы железа, содержащие по крайней мере 15% хрома. Другие элементы входят в состав сталей, чтобы модифицировать их структуру и их свойства

Аустенитные нержавеющие стали имеют определенный состав. Аустенитная структура обеспечивается после трансформации под действием термообработки типа резкой закалки

(13) C2

(11) 44716

(19) UA

С точки зрения металлургии известно, что некоторые элементы сплава, входящие в состав сталей, благоприятствуют возникновению ферритной фазы в металлографической структуре типа центрированной кубической. Эти элементы являются альфа-генами. Среди них фигурируют хром, молибден, кремний.

Другие элементы, называемые гамма-генами, благоприятствуют возникновению аустенитной фазы металлографической структуры типа кубической с центрированными поверхностями. Среди этих элементов фигурируют углерод, азот, марганец, медь, никель.

В области, например, волочения известно, что для получения проволоки с диаметром менее 0,3 мм, называемой тонкой, используемая нержавеющая сталь не должна содержать включений, размеры которых вызывают разрыв проволоки при волочении.

При производстве аустенитных нержавеющих сталей, как и всех других сталей, производимых традиционными методами, экономически приспособленными к массовому производству, наличие включений типа сульфидов и оксидов является систематическим и неизбежным. Действительно, в жидком состоянии нержавеющие стали могут иметь в растворе, в зависимости от производственного процесса, содержание кислорода и серы менее  $100 \cdot 10^{-4} \%$ . Во время охлаждения стали в жидком или твердом состоянии растворимость элементов серы и кислорода снижается и достигается энергия образования оксидов или сульфидов. Это способствует возникновению включений, образованных, с одной стороны, соединениями типа оксидов, содержащих атомы кислорода и элементов сплава, способных реагировать с кислородом, таких как кальций, магний, алюминий, кремний, марганец, хром, и, с другой стороны, соединениями типа сульфидов, содержащих атомы серы, и элементов сплава, способных реагировать с серой, таких как марганец, хром, кальций, магний. Также могут возникнуть включения, которые являются смешанными соединениями типа оксисульфида.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности является аустенитная нержавеющая сталь для изготовления проволоки, которая может быть использована для волочения до диаметра менее 0,3 мм и в области изготовления деталей, подвергающихся усталости, которая содержит молибден, медь, а основу сплава составляет железо (Патент EP-A-0 567 365, МПК 5 C22C38/42, 1993). Названная сталь содержит, например, медь и кальций, ассоциированные с кислородом, при высоком отношении  $\text{Ca}/\text{O}$  для образования ковки оксидов. Эти оксиды имеют составы, которые находятся на диаграмме  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{CaO}$  в зоне тройной точки анорита, геленита и псевдоволластонита. В этом документе, который относится к стали с улучшенной обрабатываемостью, оксиды вводятся в достаточной степени умышленно.

Можно снизить количество кислорода, содержащегося в нержавеющей стали, используя мощные восстановители, такие как магний, алюминий, кальций, титан или сочетание нескольких из них,

но эти восстановители всегда приводят к возникновению включений, богатых  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  или  $\text{TiO}_2$ , которые находятся в виде кристаллизованных огнеупоров, жестких и не деформирующихся в условиях прокатки нержавеющей стали. Наличие этих включений вызывает инциденты, например, при волочении и усталостные разрушения в изделиях, изготовленных из нержавеющей стали.

В основу изобретения поставлена задача создания аустенитной нержавеющей стали, обладающей характеристикой избирательных включений, сталь может быть использована, например, в области волочения до диаметра менее 0,3 мм и в области изготовления деталей, подвергающихся усталости.

Поставленная задача решается предлагаемым изобретением, которое, как и известная аустенитная нержавеющая сталь для изготовления проволоки, которая может быть использована для волочения до диаметра менее 0,3 мм и в области изготовления деталей, подвергающихся усталости, содержит молибден, медь, а основу сплава составляет железо, а согласно изобретению, аустенитная нержавеющая сталь характеризуется следующим массовым составом:

- углерод меньше или равно  $200 \cdot 10^{-3} \%$ ,
  - азот меньше или равно  $200 \cdot 10^{-3} \%$ ,
  - марганец больше или равно 0,3% и меньше или равно 4%,
  - хром больше или равно 14% и меньше или равно 23%,
  - никель больше или равно 5% и меньше или равно 17%,
  - кремний больше или равно 0,3% и меньше или равно 2%,
  - сера меньше или равно  $10 \cdot 10^{-3} \%$ ,
  - суммарный кислород больше или равно  $50 \cdot 10^{-4} \%$  и меньше или равно  $120 \cdot 10^{-4} \%$ ,
  - алюминий больше или равно  $5 \cdot 10^{-4} \%$  и меньше или равно  $20 \cdot 10^{-4} \%$ ,
  - магний меньше или равно  $2 \cdot 10^{-4} \%$ ,
  - кальций больше или равно  $0,1 \cdot 10^{-4}$  и не более  $5 \cdot 10^{-4} \%$ ,
  - титан меньше или равно  $5 \cdot 10^{-3} \%$ ,
  - примеси, присущие производству,
- и в которой кислородные включения имеют форму стекловидной смеси, со следующими массовыми пропорциями:

- $\text{SiO}_2$  больше или равно 40% и меньше или равно 60%,
- $\text{MnO}$  больше или равно 5% и меньше или равно 50%,
- $\text{CaO}$  больше или равно 1% и меньше или равно 30%,
- $\text{MgO}$  больше или равно 0,1% и меньше или равно 20%,
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  больше или равно 3% и меньше или равно 25%,
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  больше или равно 0,1% и меньше или равно 10%.

Другие признаки изобретения следующие:

- состав стали включает менее  $5 \cdot 10^{-3} \%$  серы,
- состав стали включает, кроме того, менее 3% молибдена,
- состав стали включает, кроме того, менее 3% меди,

- сталь содержит, большей частью после горячей прокатки в проволоку с диаметром более 5мм, менее 5 включений оксида более 10мкм толщиной на поверхности 1000мм<sup>2</sup>,

- сталь содержит, большей частью после горячей прокатки в проволоку с диаметром более 5мм, менее 10 включений сульфида более 5мкм толщиной на поверхности 1000мм<sup>2</sup>

Изобретение будет более понятным из последующего описания и приложенных чертежей, приведенных в качестве неограничивающего примера

На фиг. 1 и 2 представлено изображение примера включения плохо деформируемого, толстого, и изображение примера включений, содержащихся в стали согласно изобретению

Производство стали осуществляют посредством протяжки через фильеру из нержавеющей стали, используют электродуговую печь, осуществляют переработку в ковше и непрерывную отливку блюмов

Сталь согласно изобретению содержит в своем массовом составе менее 200\*10<sup>-3</sup>% углерода, менее 200\*10<sup>-3</sup>% азота, 0,3 - 4% марганца, 14 - 23% хрома, 5 - 17% никеля, 0,3 - 2% кремния, менее 10\*10<sup>-3</sup>% серы, 50\*10<sup>-4</sup> - 120\*10<sup>-4</sup>% суммарного кислорода, 5\*10<sup>-4</sup> - 20\*10<sup>-4</sup>% алюминия, менее 2\*10<sup>-4</sup>% магния, 0,1\*10<sup>-4</sup> - 5\*10<sup>-4</sup>% кальция, менее 5\*10<sup>-3</sup>% титана

Углерод, азот, хром, никель, марганец, кремний являются обычными элементами, обеспечивающими получение аустенитной нержавеющей стали

Содержания марганца, хрома, серы выбраны таким образом, чтобы генерировать деформируемые сульфиды четко определенного состава

Интервалы содержания в композиции элементов кремния и марганца обеспечивают согласно изобретению наличие включений типа силиката, обогащенных SiO<sub>2</sub> и содержащих заметные количества MnO

При повышении устойчивости к коррозии в состав аустенитной нержавеющей стали добавлен молибден

В состав нержавеющей стали согласно изобретению также, добавлена медь, потому что она улучшает характеристики холодной деформации и, следовательно, стабилизирует аустенит. Однако содержание меди ограничивается 3%, чтобы избежать трудностей горячей трансформации, потому что медь заметно снижает верхний предел температуры нагрева стали перед прокаткой

Интервалы суммарного кислорода, алюминия и кальция позволяют согласно изобретению получить включения типа силиката марганца, содержащие отличную от нуля фракцию Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CaO. Например, количества алюминия и кальция превышают 0,1\*10<sup>-4</sup>%, чтобы искомые включения содержали более 1% CaO и более 3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Количество суммарного кислорода согласно изобретению составляет от 50\*10<sup>-4</sup>% до 120\*10<sup>-4</sup>%

При содержании суммарного кислорода менее 50\*10<sup>-4</sup>% кислород фиксируется элементами магний, кальций, алюминий и не образует включения оксида, богатого SiO<sub>2</sub> и MnO

При содержании суммарного кислорода более 120\*10<sup>-4</sup>% в составе оксидов будет более 10% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что благоприятствует кристаллизации, чего стараются избежать

Содержание кальция должно быть ниже 5\*10<sup>-4</sup>%, чтобы искомые включения не содержали более 30% CaO

Содержание алюминия должно быть ниже 20\*10<sup>-4</sup>%, чтобы избежать того, чтобы искомые включения содержали бы более 25% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что также способствует кристаллизации

Производство стали осуществляют посредством протяжки через фильеру из нержавеющей стали, используют электродуговую печь, осуществляют переработку в ковше и непрерывную отливку блюмов

Возможно, что после осуществления традиционного экономичного способа полученную сталь, содержащую включения типа оксида и сульфида, подвергают рафинированию для удаления этих включений, используя процессы медленной переплавки и мало рентабельные экономически такие способы, как процесс переплавки в вакууме (вакуумно-аргоновая переплавка) или переплавка под шлаком (электрошлаковая переплавка)

Эти способы переплавки позволяют удалить только частично путем декантации в лужу жидкости уже имеющиеся включения без модификации их природы и их состава

Изобретение относится к аустенитной нержавеющей стали, содержащей включения выбранного состава, полученные произвольно, состав в зависимости от общего состава стали выбирают таким, чтобы физические свойства этих включений благоприятствовали их деформации при горячей трансформации стали

Согласно изобретению аустенитная нержавеющая сталь содержит включения определенного состава, точка размягчения которых близка к температуре прокатки стали, и такие, чтобы ингибировалось возникновение более жестких, чем сталь кристаллов при температуре прокатки, например, определенных соединений, SiO<sub>2</sub>, в виде тридимита, кристобалита, кварца, 3CaO-SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, анорита, муллита, геленита, кориндона, шпинели типа Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - MgO или Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - MnO - MgO, CaO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO - 6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO - 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>

Согласно изобретению сталь содержит главным образом включения оксидов такого состава, что они образуют стекловидную смесь или аморфную смесь в течение всех последовательных операций получения стали. Вязкость выбранных включений является достаточной, чтобы был полностью ингибирован рост кристаллизующихся частиц оксидов во включениях, полученных согласно изобретению, потому что в оксидном включении диффузия на короткие расстояния является низкой, а конвективные замещения являются очень ограниченными. Эти включения, остающиеся стекловидными в области температур горячей обработки стали, обладают также более низкими жесткостью и модулем эластичности, чем кристаллизующиеся включения соответствующей композиции. Так, включения могут быть еще деформированы, расплющены и удлинены при про-

ведении операции, например, волочения, и концентрации напряжений вблизи включений сильно снижается, что в значительной мере снижает опасность появления, например, усталостных трещин и разрывов при волочении.

Согласно изобретению аустенитная нержавеющая сталь содержит включения оксидов определенного состава, такого, что их вязкость в области температур горячей прокатки стали является не слишком высокой. Поэтому напряжение течения включения явно намного меньше, чем у стали в условиях горячей прокатки, температура которой обычно находится между 800°C и 1350°C. Поскольку включения оксидов деформируются одновременно со сталью при горячей прокатке и, следовательно, после волочения эти включения являются явно удлинёнными и имеют очень малую толщину, что позволяет избежать любых проблем разрыва при операции прокатки, например.

Включения, описанные выше, согласно изобретению образуются при классических и очень производительных электрических сталеплавильных производствах нержавеющей стали, таких как электропечи, конверторы АОД или УОД, ковшовая металлургия и непрерывная разливка.

В классических способах производства и разлива, описанных ранее, распределение включений по размерам в сыром разлитом продукте является относительно независимым от его состава. Следовательно, перед горячей прокаткой в сталях обнаруживают включения одних и тех же размеров с одинаковым распределением.

Включения оксидов, приведенные здесь выше, обладающие описанными благоприятствующими свойствами, согласно изобретению состоят из стекловидных смесей  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и, в некоторых случаях, следов  $\text{FeO}$  или  $\text{TiO}_2$ , в следующих массовых пропорциях:

- $\text{SiO}_2$  больше или равно 40% и меньше или равно 60%,
- $\text{MnO}$  больше или равно 5% и меньше или равно 50%,
- $\text{CaO}$  больше или равно 1% и меньше или равно 30%,
- $\text{MgO}$  больше или равно 0,1% и меньше или равно 20%,
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  больше или равно 3% и меньше или равно 25%,
- $\text{Cr}_2\text{O}_3$  больше или равно 0,1% и меньше или равно 10%.

Если содержание  $\text{SiO}_2$  ниже 40%, вязкость включений оксидов будет слишком низкой и механизм роста кристаллов оксидов не будет ингибирован. Если  $\text{SiO}_2$  более 60%, образуются вредные частицы очень твердого оксида кремния в форме тридимита, или кристобалита, или кварца.

Содержание  $\text{MnO}$  между 5% и 50% позволяет сильно снизить точку размягчения смеси оксидов, содержащей, например,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , и способствует возникновению включений, которые остаются в стекловидном состоянии в условиях прокатки стали согласно изобретению.

При содержании  $\text{CaO}$  ниже 1%, образуются кристаллы  $\text{MnO} - \text{Al}_2\text{O}_3$  или муллита. Когда содержание  $\text{CaO}$  превышает 30%, тогда образуются кристаллы  $\text{CaO} - \text{SiO}_2$  или  $(\text{Ca}, \text{Mn})\text{O} - \text{SiO}_2$ .

При содержании  $\text{MgO}$  выше 20% образуются кристаллы  $\text{MgO}$ ,  $2\text{MgO} - \text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ , которые являются очень твердыми фазами.

Если содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ниже 3%, образуются кристаллы волластонита, а когда содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  выше 25%, появляются кристаллы муллита, анорита, кориндона, шпинелей, например, типа  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  или  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{MnO}$ , или же алюминатов типа  $\text{CaO} - 6\text{Al}_2\text{O}_3$  или  $\text{CaO} - 2\text{Al}_2\text{O}_3$ , или  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ , или геленита.

При содержании  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  выше 10% также возникают твердые кристаллы  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  или  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{MnO}$ ,  $\text{CaO} - \text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO} - \text{Cr}_2\text{O}_3$ .

В соответствии с вариантом изобретения содержание серы должно быть ниже 0,010%, чтобы получить включения сульфидов с толщиной не более 5 мкм в прокатном продукте. Действительно, включения типа сульфида марганца и хрома являются особенно деформируемыми в следующих условиях:

- Cr более 5% и менее 30%,
- Mn более 30% и менее 60%,
- S более 35% и менее 45%.

Включения типа оксидов и сульфидов обычно считаются вредными в отношении эксплуатационных характеристик в области волочения тонкой проволоки и в области усталостных характеристик, например, гибкости и/или кручения. Обычно характеризуют концентрацию включений типа оксидов и сульфидов при наблюдении сечения полированной в направлении прокатки проволоки, полученной горячей прокаткой, диаметром между 5 и 10 мм. Называют чистоту включений результатом этой характеристики, реализованной согласно различным нормам в зависимости от конечного применения.

Для наблюдаемого включения на полированном разрезе прокатанной проволоки измеряют его длину и толщину, потом определяют фактор формы, который представляет собой отношение длины к ширине. Для включения, которое очень хорошо деформируется во время операций прокатки, фактор формы обычно является очень высоким, т.е. может достигать 10 или 20, и, следовательно, толщина включения является крайне низкой. Напротив, включение, которое не деформируется или подвергается малой деформации, характеризуется невысоким фактором формы, т.е. порядка 1, следовательно, толщина включения остается высокой и того же порядка величины, как и размер первоначального включения в разлитом сыром продукте. Следовательно, в последующем описании в качестве критерия простой и эффективной характеристики по отношению к применению прокатанной проволоки, используют толщину каждого включения, наблюдаемого на прокатанной проволоке.

На фиг. 1 и 2 представлены, соответственно, полированные разрезы прокатанной проволоки диаметром 5,5 мм, пример очень толстого плохо деформирующегося включения и пример тонких и очень хорошо деформирующихся включений, содержащихся в стали согласно изобретению.

На фиг. 1 показано смешанное включение, называемое двухфазным, состоящее из центральной части, недеформирующейся, кристаллизован-

ной, типа  $Al_2O_3 - MgO$ , названной AlMg на рисунке, и двух боковых частей, названных на рисунке SiAlMg, состоящих из плохо деформирующейся фазы, обогащенной  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  и  $MgO$ . Это включение имеет толщину 11 мкм, длину 40 мкм и является особенно вредным для применений волочения или изготовления деталей, подвергающихся усталости.

На фиг. 2 представлены четыре примера включений толщиной менее 2 мкм различной длины, таких как те, что содержатся в стали изобретения.

Эти последние включения не являются вред-

ными в отношении применений волочения в тонкую проволоку с диаметром ниже 0,3 мм или для деталей, подвергаемых усталости, таких как пружины, корд для пневматических шин.

Характеристики включений определены путем подсчета числа включений с толщиной, равной или больше заданной величины на поверхности образца площадью 1000 мм<sup>2</sup>.

В таблицах 1 и 2 представлены стали, показывающие влияние состава стали и состава включений оксидов на количество включений данной толщины.

Таблица 1

Сталь	A	B	C	D	E	F	G
% C	0,093	0,065	0,067	0,093	0,060	0,055	0,083
% N	0,030	0,045	0,045	0,026	0,041	0,056	0,040
% Si	1,81	0,49	0,54	1,75	0,48	0,56	0,75
% Mn	1,32	0,26	0,30	1,25	0,58	0,53	1,08
% Cr	17,65	18,46	18,32	17,60	18,27	18,24	17,95
% Ni	7,85	8,49	8,47	7,75	8,61	8,57	8,30
% Mo	0,71	0,10	0,17	0,73	0,24	0,28	0,33
% Cu	0,2	0,32	0,33	0,15	0,48	0,51	0,25
% Ot	25*10 <sup>-4</sup>	40*10 <sup>-4</sup>	48*10 <sup>-4</sup>	28*10 <sup>-4</sup>	129*10 <sup>-4</sup>	138*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>
% Al	43*10 <sup>-4</sup>	10*10 <sup>-4</sup>	8*10 <sup>-4</sup>	26*10 <sup>-4</sup>	25*10 <sup>-4</sup>	13*10 <sup>-4</sup>	18*10 <sup>-4</sup>
% Ca	9*10 <sup>-4</sup>	13*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	54*10 <sup>-4</sup>	11*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>
% Mg	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	3*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>
% Ti	28*10 <sup>-4</sup>	32*10 <sup>-4</sup>	45*10 <sup>-4</sup>	62*10 <sup>-4</sup>	56*10 <sup>-4</sup>	36*10 <sup>-4</sup>	39*10 <sup>-4</sup>
% S	31*10 <sup>-4</sup>	25*10 <sup>-4</sup>	46*10 <sup>-4</sup>	40*10 <sup>-4</sup>	279*10 <sup>-4</sup>	286*10 <sup>-4</sup>	126*10 <sup>-4</sup>
Природа включений							
% SiO <sub>2</sub>	4	36	39	48	39	61	42
% CaO	3	24	16	2	36	2	13
% MnO	1	2	8	6	1	20	22
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69	33	25	2	20	2	15
% MgO	21	2	4	40	2	1	3
% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	3	8	2	2	14	5
Оценка включений в проволоке, произведенной на машине по горячей прокатке, диаметром 5,5 мм							
Количество сульфидов с толщиной 5 мкм на 1000 мм <sup>2</sup>	0	0	0	0	71	98	17,6
Количество оксидов толщиной 10 мкм на 1000 мм <sup>2</sup>	13,9	8	6	6,1	39	19	3,5

Таблица 2

Сталь	H	I	J	K	L	M	N	O
% C	0,089	0,088	0,079	0,079	0,075	0,078	0,081	0,099
% N	0,045	0,030	0,035	0,039	0,048	0,058	0,056	0,034
% Si	0,51	1,71	0,78	0,83	0,69	0,63	0,66	0,68
% Mn	0,32	1,29	1,05	0,96	0,74	0,70	0,72	0,85
% Cr	18,39	17,75	17,80	17,60	18,52	18,52	18,50	17,65
% Ni	8,40	7,85	8,36	8,24	8,86	8,87	8,85	7,82
% Mo	0,17	0,69	0,29	0,17	0,15	0,17	0,15	0,32
% Cu	0,34	0,21	0,28	0,21	0,34	0,36	0,35	0,25
% Ot	52*10 <sup>-4</sup>	51*10 <sup>-4</sup>	70*10 <sup>-4</sup>	65*10 <sup>-4</sup>	53*10 <sup>-4</sup>	71*10 <sup>-4</sup>	50*10 <sup>-4</sup>	95*10 <sup>-4</sup>
% Al	9*10 <sup>-4</sup>	19*10 <sup>-4</sup>	17*10 <sup>-4</sup>	16*10 <sup>-4</sup>	12*10 <sup>-4</sup>	9*10 <sup>-4</sup>	11*10 <sup>-4</sup>	9*10 <sup>-4</sup>
% Ca	5*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>	2*10 <sup>-4</sup>
% Mg	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>
% Ti	35*10 <sup>-4</sup>	15*10 <sup>-4</sup>	22*10 <sup>-4</sup>	23*10 <sup>-4</sup>	30*10 <sup>-4</sup>	18*10 <sup>-4</sup>	25*10 <sup>-4</sup>	23*10 <sup>-4</sup>
% S	8*10 <sup>-4</sup>	37*10 <sup>-4</sup>	35*10 <sup>-4</sup>	31*10 <sup>-4</sup>	50*10 <sup>-4</sup>	35*10 <sup>-4</sup>	37*10 <sup>-4</sup>	30*10 <sup>-4</sup>
Природа включений								
% SiO <sub>2</sub>	45	54	45	46	47	49	48	50
% CaO	15	2	11	2	17	1	14	4

% MnO	10	14	25	42	8	38	11	30
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22	7	12	5	24	3	18	7
% MgO	1	18	2	0,1	2	1	3	1
% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7	4	5	5	2	8	3	8
Оценка включений в проволоке диаметром 5,5мм, полученной горячей прокаткой								
Количество сульфидов с толщиной 5мкм на 1000мм <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Количество оксидов толщиной 10мкм на 1000мм <sup>2</sup>	3,5	2,4	2,6	3,1	1,2	0	1,2	0,5

В таблице 1 приведены составы сталей, качество которых считается неудовлетворительным, а в таблице 2 представлены составы сталей согласно изобретению, обладающих замечательным качеством включений

Характеристики включений материализуются фактором наличия на поверхности образца площадью 1000мм<sup>2</sup> менее 5 включений оксидов толщиной более 10мкм. Включения сульфидов численно составляют менее 10, имеющих толщину более 5 мкм на поверхности 1000мм<sup>2</sup>

Сталь А имеет низкое содержание суммарного кислорода и высокое содержание алюминия. Поэтому включения, видимые в стали, бедны SiO<sub>2</sub> и MnO, очень богаты Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MgO, типа шпинели Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - MgO кристаллизированных. Это выражается в наличии в проволоке от горячей прокатки многочисленных включений с толщиной более 10мкм, т.е. около 14 включений на 1000мм<sup>2</sup>

Сталь В имеет низкое содержание суммарного кислорода и высокое содержание кальция. Несмотря на приемлемое содержание алюминия, наблюдаемые включения содержат слишком много Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> а это проявляется на проволоке от горячего волочения наличием толстых включений

Сталь С имеет достаточно низкое содержание кислорода, тогда как другие элементы, такие как алюминий, кальций, магний, находятся в приемлемых количествах. Это приводит к наблюдению включений, которые содержат недостаточно SiO<sub>2</sub>. Кроме того, отмечено, что количество Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет порядка 25%. Наблюдаемые включения не являются хорошо деформируемыми в условиях прокатки и на прокатанной проволоке наблюдают еще значительное количество плохо деформируемых включений

Сталь D, как и сталь С имеет малое содержание суммарного кислорода, но высокое содержание алюминия и магния. На стали наблюдают включения, богатые SiO<sub>2</sub> и MgO, включения, которые не являются достаточно деформируемыми

Сталь Е имеет высокое содержание серы, которое вызывает появление очень многочисленных плохо деформируемых сульфидов. Кроме того, она имеет высокое содержание кислорода, алюминия, кальция. Это приводит к появлению включений, содержащих мало SiO<sub>2</sub>, много CaO, и очень мало MnO. Эти включения являются плохо деформируемыми и многочисленными

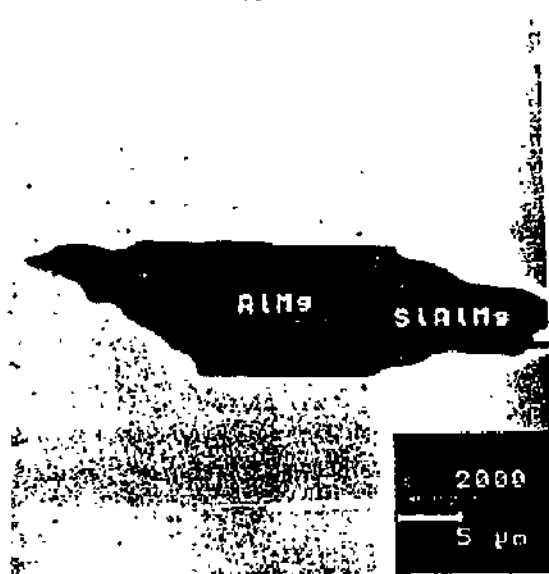
Сталь F также имеет высокие содержания серы и кислорода, но содержания алюминия и кальция являются достаточно низкими. В этой стали включения обогащены SiO<sub>2</sub> и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что приводит к появлению очень твердых кристаллов Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и вязких фаз SiO<sub>2</sub>

Сталь G имеет высокое содержание серы, что приводит к появлению многочисленных сульфидов. Кроме того, другие компоненты состава находятся в приемлемых интервалах и включения полученных оксидов имеют стекловидную природу в проволоке и являются деформируемыми, как в стали согласно изобретению

В примерах таблицы 2 согласно изобретению, когда содержание алюминия ниже 15\*10<sup>-4</sup>% и когда содержание кальция ниже 4\*10<sup>-4</sup>%, установлено очень четкое снижение количества крупных включений оксидов с толщиной более 10мкм

Производство описанной стали осуществляли посредством протяжки через фильеру из нержавеющей стали с использованием электродуговой печи, и осуществлением переработки в ковше и непрерывной отливки блюмов

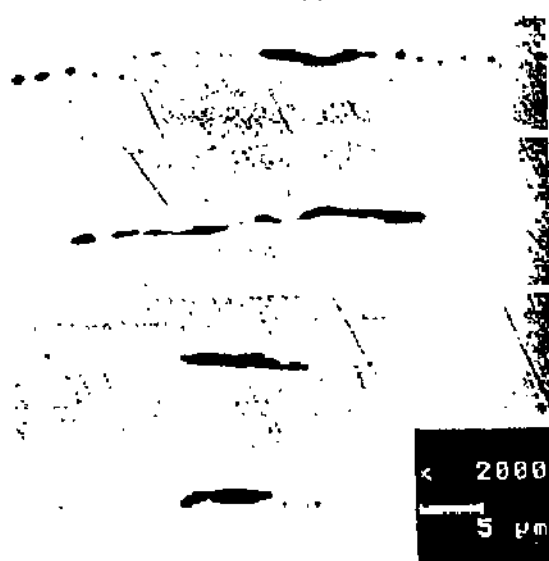
13



Фиг.1

44716

14



Фиг.2