

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202491085 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.07.31

(51) Int. Cl. B60B 17/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.09.06

## (54) КОЛЕСО ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

(31) 2021-177041

(72) Изобретатель:

(32) 2021.10.29

Уениси Аюми, Като Таканори,  
Ямамура Йосинари, Абе Синго,  
Ногуту Дзун (JP)

(33) JP

(86) PCT/JP2022/033336

(87) WO 2023/074125 2023.05.04

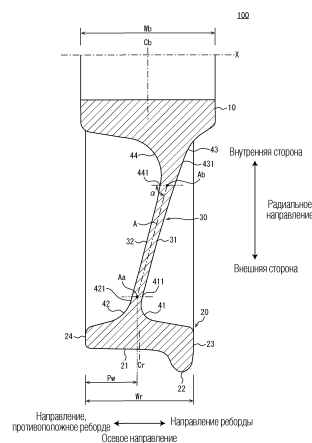
(74) Представитель:

(71) Заявитель:

Медведев В.Н. (RU)

НИШПОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН  
(JP)

(57) Колесо (100) включает в себя ступицу (10), обод (20) и диск (30). Обод (20) включает в себя бандаж (21) и реборду (22). Центр (Cb) ступицы (10) в осевом направлении колеса (100) располагается ближе к реборде (22) в осевом направлении, чем центр (Ct) обода (20) в осевом направлении. Диск (30) имеет центральную линию толщины A, имеющую линейную форму, когда колесо (100) рассматривается в продольном сечении. В том случае, когда угол, образованный центральной линией толщины (A) с осевым направлением, принимается как  $\alpha$ , расстояние в осевом направлении от боковой поверхности (24) обода (20) до внешнего конца (Aa) центральной линии толщины (A) принимается как  $Pw$ , длина обода (20) в осевом направлении принимается как  $Wt$ , и  $Pw/Wt$  принимается как  $L$ , колесо (100) удовлетворяет условию  $L \geq 0,053\alpha - 3,8626$ , где угол  $\alpha$  равен  $90^\circ$  или меньше.



A1

202491085

202491085

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-581097EA/042

### КОЛЕСО ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0001]

Настоящее изобретение относится к колесу, используемому в железнодорожном транспортном средстве.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002]

В качестве одного способа торможения железнодорожного транспортного средства известен колодочный тормоз. Колодочный тормоз представляет собой способ торможения, в котором тормозная колодка прижимается к бандажу колеса железнодорожного транспортного средства для создания силы трения между бандажом и тормозной колодкой, тормозя таким образом железнодорожное транспортное средство за счет силы трения.

[0003]

В том случае, когда железнодорожное транспортное средство тормозится с использованием колодочного тормоза, фрикционное тепло образуется между бандажом и тормозной колодкой, и, следовательно, температура колеса повышается, особенно в обод колеса, который формирует внешнюю периферическую часть колеса. Это вызывает тепловое расширение обода колеса, так что в обод колеса возникают термические напряжения. Для того, чтобы уменьшить такие термические напряжения, были предложены различные формы колеса.

[0004]

Патентный документ 1, например, предлагает колесо, включающее обод колеса, который формирует внешнюю периферическую часть колеса, ступицу колеса, которая формирует внутреннюю периферическую часть колеса, и диск колеса, имеющий по существу S-образную форму в поперечном сечении. В колесе Патентного документа 1 для уменьшения термических напряжений в диске и обод колеса каждое из смещения обода колеса относительно ступицы колеса и смещения диска колеса на стороне обода колеса устанавливается равным predetermined значению или больше. Смещение обода колеса относительно ступицы колеса представляет собой расстояние между перпендикулярной линией, проведенной от конца криволинейной центральной линии толщины диска колеса на стороне обода колеса к осевой центральной линии колеса, и перпендикулярной линией, проведенной от конца центральной линии толщины на стороне ступицы колеса к осевой центральной линии колеса. Смещение диска колеса на стороне обода колеса представляет собой расстояние между перпендикулярной линией, проведенной от конца центральной линии толщины диска на стороне обода колеса к осевой центральной линии колеса, и перпендикулярной линией, проведенной от центра обода колеса в осевом направлении колеса к осевой центральной линии колеса.

[0005]

Патентный документ 2, например, предлагает колесо, в котором диску колеса придается криволинейная форма в поперечном сечении для того, чтобы уменьшить термические напряжения в ободе колеса. В колесе Патентного документа 2 диск колеса имеет так называемую форму колокола в поперечном сечении. Оба конца криволинейной центральной линии толщины диска колеса располагаются на той же самой стороне относительно центральной плоскости колеса (плоскости, перпендикулярной к осевой центральной линии колеса). В отличие от этого, середина центральной линии толщины располагается на противоположной стороне от обоих концов центральной линии толщины относительно центральной плоскости колеса.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

##### ПАТЕНТНАЯ ЛИТЕРАТУРА

[0006]

Патентный документ 1: Японская опубликованная патентная заявка № 10-119503

Патентный документ 2: Японский перевод международной патентной заявки РСТ №2009-545484

##### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

##### ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

[0007]

Во время производства сжимающее остаточное напряжение обычно прикладывается к ободу колеса, используемого в железнодорожном транспортном средстве, путем подвергания обода колеса термической обработке и т.п. Однако, когда железнодорожное транспортное средство тормозится с использованием колодочного тормоза, сжимающее остаточное напряжение в ободе колеса может быть преобразовано в растягивающее остаточное напряжение благодаря пластической деформации вследствие высоких термических напряжений в ободе колеса. В частности, во время торможения железнодорожного транспортного средства температура обода колеса повышается благодаря трению между бандажом и тормозной колодкой, вызывая тепловое расширение в ободе колеса, в то время как тепловое расширение обода колеса подавляется на внутренней периферийной стороне колеса благодаря меньшему повышению температуры, так что в ободе колеса возникает сжимающее напряжение, особенно в периферическом направлении колеса. Когда это сжимающее напряжение превышает предел текучести, обод колеса пластично деформируется, и после охлаждения обода сжимающее напряжение преобразуется в растягивающее напряжение и действует на обод в качестве остаточного напряжения. Когда в бандаже возникают трещины, в то время как растягивающее остаточное напряжение образуется в ободе колеса, может возникнуть вероятность распространения в бандаже трещин в направлении к внутренней части колеса. Следовательно, когда для торможения железнодорожного транспортного средства используется колодочный тормоз, необходимо уменьшить термические напряжения, возникающие в ободе колеса благодаря колодочному тормозу, чтобы подавить

образование растягивающего остаточного напряжения в ободе колеса.

[0008]

Каждое из колес Патентных документов 1 и 2 включает в себя диск колеса, имеющий криволинейную форму. Такая конфигурация может ослабить ограничение, накладываемое диском колеса в отношении теплового расширения обода колеса. Следовательно, в каждом из колес Патентных документов 1 и 2 можно считать, что термические напряжения, возникающие в ободе колеса во время торможения железнодорожного транспортного средства, уменьшаются, и, следовательно, возникновение растягивающего остаточного напряжения в ободе колеса становится менее вероятным. Однако в том случае, когда диск колеса изогнут, существует проблема увеличения веса колеса.

[0009]

Задачей настоящего изобретения является предложить колесо, которое может достичь как снижения веса, так и подавления образования растягивающего остаточного напряжения в ободе колеса.

#### РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

[0010]

Колесо согласно настоящему раскрытию предназначено для использования в железнодорожном транспортном средстве. Колесо включает в себя ступицу, обод и диск. Ступица формирует внутреннюю периферическую часть колеса. Ось железнодорожного транспортного средства должна быть вставлена в ступицу. Обод формирует внешнюю периферическую часть колеса. Обод включает в себя бандаж и реборду. Бандаж контактирует с верхней поверхностью рельса, по которому едет железнодорожное транспортное средство. Реборда выступает из бандажа наружу в радиальном направлении колеса. Диск, имеющий кольцевую форму, соединяет ступицу и обод. Центр ступицы в осевом направлении располагается ближе к реборде в осевом направлении, чем центр обода в осевом направлении. Осевое направление представляет собой направление, в котором проходит центральная ось колеса. Диск имеет центральную линию толщины, имеющую линейную форму, когда колесо рассматривается в продольном сечении. В том случае, когда угол, образованный центральной линией толщины с осевым направлением, принимается как  $\alpha$ , для обеих боковых поверхностей обода в осевом направлении расстояние в осевом направлении от боковой поверхности на стороне, противоположной реборде, до внешнего конца центральной линии толщины в радиальном направлении принимается как  $R_w$ , длина обода в осевом направлении принимается как  $W_r$ , и  $R_w/W_r$  принимается как  $L$ , колесо в соответствии с настоящим изобретением удовлетворяет следующей Формуле (1).

$$L \geq 0,053\alpha - 3,8626 \dots (1)$$

где угол  $\alpha$  составляет  $90^\circ$  или меньше. Угол  $\alpha$  составляет  $90^\circ$ , когда центральная линия толщины параллельна радиальному направлению, и меньше  $90^\circ$ , когда центральная линия толщины наклонена относительно радиального направления благодаря вращению

центральной линии толщины вокруг внутреннего конца в радиальном направлении от положения  $90^\circ$  к стороне, противоположной реборде.

### ПОЛЕЗНЫЕ ЭФФЕКТЫ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0011]

В соответствии с настоящим изобретением можно достичь как снижения веса колеса, так и подавления образования растягивающего остаточного напряжения в ободе колеса.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0012]

[Фиг. 1] Фиг. 1 представляет собой продольный разрез колеса в соответствии с одним вариантом осуществления.

[Фиг. 2] Фиг. 2 представляет собой диаграмму, схематично иллюстрирующую колесо, включающее диск колеса, имеющий S-образную форму в поперечном сечении.

[Фиг. 3] Фиг. 3 представляет собой график, иллюстрирующий соотношение между углом наклона диска и остаточным напряжением в ободе колеса в каждом из Примеров и Сравнительных примеров, которые имеют одно и то же значение отношения положения диска к ширине обода колеса.

[Фиг. 4] Фиг. 4 представляет собой график, иллюстрирующий соотношение между отношением положения диска к ширине обода колеса и остаточным напряжением в ободе колеса в Примерах, которые имеют один и тот же угол наклона диска.

[Фиг. 5] Фиг. 5 представляет собой диаграмму, иллюстрирующую в преувеличенном виде деформацию, возникающую в колесе во время торможения в Примере.

[Фиг. 6] Фиг. 6 представляет собой диаграмму, иллюстрирующую в преувеличенном виде деформацию, возникающую в колесе во время торможения в Сравнительном примере.

[Фиг. 7] Фиг. 7 представляет собой график, иллюстрирующий предельную линию, до которой остаточное напряжение в ободе колеса не преобразуется в растягивающее остаточное напряжение, в соотношении между углом наклона диска и отношением положения диска к ширине обода колеса.

### ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

[0013]

Колесо в соответствии с одним вариантом осуществления (первая конфигурация) предназначено для использования в железнодорожном транспортном средстве. Колесо включает в себя ступицу колеса, обод колеса и диск колеса. Ступица колеса формирует внутреннюю периферическую часть колеса. Ось железнодорожного транспортного средства должна быть вставлена в ступицу колеса. Обод колеса формирует внешнюю периферическую часть колеса. Обод колеса включает в себя бандаж и реборду. Бандаж контактирует с верхней поверхностью рельса, по которому едет железнодорожное транспортное средство. Реборда выступает из бандажа наружу в радиальном направлении

колеса. Диск колеса, имеющий кольцевую форму, соединяет ступицу колеса и обод колеса. Центр ступицы колеса в осевом направлении располагается ближе к реборде в осевом направлении, чем центр обода колеса в осевом направлении. Осевое направление представляет собой направление, в котором проходит центральная ось колеса. Диск колеса имеет центральную линию толщины, имеющую линейную форму, когда колесо рассматривается в продольном сечении. В том случае, когда угол, образованный центральной линией толщины с осевым направлением, принимается как  $\alpha$ , для обеих боковых поверхностей обода колеса в осевом направлении расстояние в осевом направлении от боковой поверхности на стороне, противоположной реборде, до внешнего конца центральной линии толщины в радиальном направлении принимается как  $R_w$ , длина обода колеса в осевом направлении принимается как  $W_r$ , и  $R_w/W_r$  принимается как  $L$ , колесо в соответствии с первой конфигурацией удовлетворяет следующей Формуле (1).

$$L \geq 0,053\alpha - 3,8626 \dots (1)$$

где угол  $\alpha$  составляет  $90^\circ$  или меньше. Угол  $\alpha$  составляет  $90^\circ$ , когда центральная линия толщины параллельна радиальному направлению, и меньше  $90^\circ$ , когда центральная линия толщины наклонена относительно радиального направления благодаря вращению центральной линии толщины вокруг внутреннего конца в радиальном направлении от положения  $90^\circ$  к стороне, противоположной реборде.

[0014]

В колесе в соответствии с первой конфигурацией центральная линия толщины диска колеса имеет линейную форму и не имеет точки перегиба, когда колесо рассматривается в его продольном сечении. Другими словами, диск колеса соединяет ступицу колеса и обод колеса без существенных изгибов. В результате вес диска колеса может быть уменьшен по сравнению со случаем изогнутого диска колеса. Следовательно, может быть достигнуто снижение веса колеса.

[0015]

Когда тормозная колодка колодочного тормоза прижимается к бандажу обода колеса, производя трение, в ободке колеса происходит тепловое расширение. Диск колеса ограничивает это тепловое расширение обода колеса, так что в ободке колеса возникают термические напряжения. Когда термические напряжения в ободке колеса становятся чрезмерно большими, обод колеса пластично деформируется во время торможения железнодорожного транспортного средства, так что после охлаждения обода колеса может возникнуть растягивающее остаточное напряжение в периферическом направлении колеса. В отличие от этого, колесо в соответствии с первой конфигурацией имеет форму, которая может ослабить ограничение обода колеса диском колеса. Более конкретно, в колесе в соответствии с первой конфигурацией размеры соответствующих компонентов удовлетворяют Формуле (1), для чего учитывается как угол центральной линии толщины диска колеса относительно осевого направления колеса, так и положение центральной линии толщины относительно обода колеса, при условии, что центр ступицы колеса располагается ближе к реборде, чем центр обода колеса. Такая конфигурация

может эффективно ослабить ограничение, накладываемое на обод колеса диском колеса, и, следовательно, тепловое расширение обода колеса во время торможения может быть допустимым. Следовательно, термические напряжения в ободе колеса могут быть уменьшены, подавляя таким образом пластическую деформацию обода колеса. В результате, когда обод колеса охлаждается после торможения железнодорожного транспортного средства, становится возможным подавить ситуацию, в которой остаточное напряжение в ободе колеса преобразуется в растягивающее остаточное напряжение.

[0016]

Таким образом, с помощью колеса в соответствии с первой конфигурацией можно достичь как снижения веса колеса, так и подавления образования растягивающего остаточного напряжения в ободе колеса.

[0017]

Как было описано выше, в колесе в соответствии с первой конфигурацией центральная линия толщины диска колеса имеет линейную форму и не имеет точки перегиба, когда колесо рассматривается в его продольном сечении. В этом случае возникновение концентрации напряжений в диске становится менее вероятным. В результате возможно уменьшить термические напряжения, возникающее в диске во время торможения железнодорожного транспортного средства.

[0018]

В первой конфигурацией угол центральной линии толщины диска колеса относительно осевого направления колеса составляет  $90^\circ$  или меньше. В результате диск колеса не наклоняется к внутренней стороне рельса, когда диск колеса проходит наружу в радиальном направлении. Следовательно, можно гарантировать жесткость диска колеса против нагрузки, получаемой колесом от рельса в осевом направлении колеса, то есть нагрузки (бокового усилия), получаемой колесом от внутренней стороны рельса, когда железнодорожное транспортное средство проходит по криволинейному участку пути. В результате можно уменьшить напряжение, возникающее в диске.

[0019]

Угол  $\alpha$ , образованный центральной линией толщины с осевым направлением, предпочтительно составляет менее  $90^\circ$  (вторая конфигурация).

[0020]

Во второй конфигурации угол центральной линии толщины диска колеса относительно осевого направления колеса составляет менее  $90^\circ$ . В этом случае диск колеса наклоняется к внешней стороне рельса, когда диск колеса проходит наружу в радиальном направлении. Следовательно, можно увеличить жесткость диска колеса против боковой силы и, следовательно, можно дополнительно уменьшить напряжение, возникающее в диске. Кроме того, снижается потребность в увеличении толщины диска колеса для обеспечения его жесткости против боковой силы, и, следовательно, можно достичь дополнительного снижения веса диска колеса и всего колеса.

[0021]

Диск колеса может иметь толщину, которая уменьшается в радиальном направлении наружу до некоторой точки внутри от внешнего конца центральной линии толщины, и имеет минимальную толщину в этой точке (третья конфигурация).

[0022]

Вариант осуществления настоящего изобретения будет описан ниже со ссылкой на чертежи. В чертежах одинаковые или эквивалентные компоненты обозначаются одними и теми же ссылочными цифрами, и их описание поэтому не повторяется.

[0023]

Фиг. 1 представляет собой продольное сечение колеса 100 в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Продольное сечение относится к поперечному сечению колеса 100 плоскостью, включающей центральную ось X колеса 100. Продольное сечение колеса 100 является симметричным вокруг центральной оси X, и таким образом Фиг. 1 иллюстрирует колесо 100 только с одной стороны от центральной оси X. В дальнейшем направлении, в котором простирается центральная ось X колеса 100, будет упоминаться как осевое направление, а радиальное направление и периферическое направление колеса 100 будут упоминаться просто как радиальное направление и периферическое направление соответственно.

[0024]

Показанное на Фиг. 1 колесо 100 предназначено для использования в железнодорожном транспортном средстве. Колесо 100 включает в себя ступицу 10 колеса, обод 20 колеса и диск 30 колеса.

[0025]

Ступица 10 колеса формирует внутреннюю периферическую часть колеса 100. Ступица 10 колеса имеет по существу цилиндрическую форму вокруг центральной оси X в качестве осевой центральной линии. Ось железнодорожного транспортного средства (не показана) вставляется в ступицу 10 колеса.

[0026]

Обод 20 колеса формирует внешнюю периферическую часть колеса 100. Обод 20 колеса располагается снаружи ступицы 10 колеса в радиальном направлении. Обод 20 колеса включает в себя бандаж 21 и реборду 22. Бандаж 21 и реборда 22 предусматриваются на внешней периферийной поверхности обода 20 колеса.

[0027]

Бандаж 21 обращен наружу в радиальном направлении. Бандаж 21 предназначен для контакта с верхней поверхностью рельса, по которому едет железнодорожное транспортное средство. Как правило, диаметр бандажа 21 постепенно увеличивается в направлении к реборде 22. Бандаж 21 может быть, например, коническим или дугообразным бандажом.

[0028]

Реборда 22 предусматривается на одном конце обода 20 колеса в осевом направлении. Реборда 22 выступает из бандажа 21 наружу в радиальном направлении.



Когда железнодорожное транспортное средство движется по правому и левому рельсам, реборда 22 находится с внутренней стороны рельсов. В дальнейшем в осевом направлении колеса 100 направление к стороне, на которой располагается реборда 22, будет упоминаться как направление реборды, а противоположное направление будет упоминаться как противоположное реборде направление.

[0029]

Обод 20 колеса дополнительно включает в себя обе боковые поверхности 23 и 24 в осевом направлении. Боковая поверхность 23 является боковой поверхностью со стороны реборды 22, а боковая поверхность 24 является боковой поверхностью со стороны, противоположной реборде 22. Другими словами, боковая поверхность 23 располагается на стороне направления реборды относительно боковой поверхности 24. Боковая поверхность 24 располагается на стороне направления против реборды относительно боковой поверхности 23, а бандаж 21 и реборда 22 находятся между боковой поверхностью 24 и боковой поверхностью 23.

[0030]

Обод 20 колеса располагается на стороне направления против реборды относительно ступицы 10 колеса. Другими словами, центр  $S_b$  ступицы 10 колеса располагается ближе к реборде 22 в осевом направлении, чем центр  $S_r$  обода 20 колеса. Когда железнодорожное транспортное средство движется, центр  $S_r$  обода 20 колеса располагается снаружи от центра  $S_b$  ступицы 10 колеса в направлении ширины рельса.

[0031]

Диск 30 колеса имеет кольцевую форму. Диск 30 колеса соединяет ступицу 10 колеса и обод 20 колеса. Диск 30 колеса имеет толщину, которая в целом меньше, чем каждая из ширины  $W_b$  ступицы колеса и ширины  $W_r$  обода колеса. Толщина диска 30 колеса является большей со стороны ступицы 10 колеса и маленькой со стороны обода 20 колеса. Ширина  $W_b$  ступицы колеса относится к длине ступицы 10 колеса в осевом направлении. Ширина  $W_r$  обода колеса относится к длине обода 20 колеса в осевом направлении и является максимальным расстоянием от боковой поверхности 23 до боковой поверхности 24 обода 20 колеса в осевом направлении.

[0032]

Диск 30 колеса включает в себя обе боковые поверхности 31 и 32 в осевом направлении. Боковая поверхность 31 является боковой поверхностью со стороны реборды 22, а боковая поверхность 32 является боковой поверхностью со стороны, противоположной реборде 22. Другими словами, боковая поверхность 31 располагается на стороне направления реборды относительно боковой поверхности 32. Боковая поверхность 32 располагается на стороне направления против реборды относительно боковой поверхности 31. Боковые поверхности 31 и 32 предпочтительно наклонены относительно радиального направления, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении. Боковые поверхности 31 и 32 соединяются с ободом 20 колеса посредством соединительных частей 41 и 42, соответственно. Боковые поверхности 31 и

32 соединяются со ступицей 10 колеса посредством соединительных частей 43 и 44, соответственно. Каждая из соединительных частей 41, 42, 43 и 44 имеет по существу форму дуги, например когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении.

[0033]

В настоящем варианте осуществления один из конца 411 соединительной части 41 со стороны диска 30 и конца 421 соединительной части 42 со стороны диска 30, который является более внутренним в радиальном направлении, чем другой, определяется как внешний периферийный конец диска 30 колеса. В дополнение к этому, один из конца 431 соединительной части 43 со стороны диска 30 и конца 441 соединительной части 44 со стороны диска 30, который является более внешним в радиальном направлении, чем другой, определяется как внутренний периферийный конец диска 30 колеса. Внешний периферийный конец диска 30 колеса может рассматриваться как корень диска 30 для обода 20 колеса. Внутренний периферийный конец диска 30 колеса может рассматриваться как корень диска 30 для ступицы 10 колеса. В настоящем варианте осуществления конец 411 соединительной части 41 и конец 441 соединительной части 44 являются внешним периферийным концом и внутренним периферийным концом диска 30 колеса, соответственно.

[0034]

Толщина диска 30 колеса уменьшается в радиальном направлении наружу до некоторого положения внутри от внешнего периферийного конца 411, и толщина диска 30 колеса минимизируется в этом положении. Диск 30 колеса имеет минимальную толщину в некоторой части, располагающейся от внешнего периферийного конца 411 внутри в радиальном направлении и в непосредственной близости от внешнего периферийного конца 411. Положение, в котором толщина диска 30 колеса является минимальной, по существу совпадает с положением, в котором изгибающее напряжение, создаваемое в диске 30 изгибающей нагрузкой, получаемой колесом 100 от рельса при прохождении железнодорожным транспортным средством криволинейного участка пути, минимизируется. Например, толщина диска 30 колеса может минимизироваться в положении, отстоящем на 5-30 мм внутрь от внешнего периферийного конца 411 в радиальном направлении.

[0035]

Диск 30 колеса имеет центральную линию толщины А. Центральная линия толщины А является линией, полученной путем соединения центров толщины диска 30 колеса, проходящей от ступицы 10 колеса к ободу 20 колеса, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении. Центральная линия толщины А проходит посередине между боковыми поверхностями 31 и 32 от стороны ступицы 10 колеса до стороны обода 20 колеса. Центральная линия толщины А имеет линейную форму, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении. Линейная форма в настоящем документе включает в себя не только идеальную прямую линию, но также и очень плавную дугу, имеющую радиус кривизны, например, 1000 мм или больше, или даже

многоугольную ломаную линию. Другими словами, центральная линия толщины А является любой линией, которая может быть признана по существу прямой линией, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении. Поскольку центральная линия толщины А имеет линейную форму, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении, диск 30 колеса имеет по существу форму плоского диска и по существу не изогнут в осевом направлении.

[0036]

Центральная линия толщины А имеет внешний конец Аа в радиальном направлении и внутренний конец Аб в радиальном направлении. Внешний конец Аа является точкой, в которой центральная линия толщины А соединяется с прямой линией, которая проходит в осевом направлении через внешний периферийный конец 411 диска 30 колеса. Внутренний конец Аб центральной линии толщины А является точкой, в которой центральная линия толщины А соединяется с прямой линией, которая проходит в осевом направлении через внутренний периферийный конец 441 диска 30 колеса.

[0037]

Положение диска 30 колеса относительно обода 20 колеса определяется положением внешнего конца Аа центральной линии толщины в осевом направлении. В настоящем варианте осуществления, из обеих боковых поверхностей 23 и 24 обода 20 колеса расстояние в осевом направлении от боковой поверхности 24 на стороне в направлении напротив реборды к внешнему концу Аа центральной линии толщины А определяется как положение Рw диска. Когда отношение положения Рw диска к ширине W<sub>r</sub> обода колеса, то есть  $L=P_w/W_r$ , меньше, внешний окружной конец 411 диска 30 колеса более далек от реборды 22, а когда отношение L больше, внешний окружной конец 411 диска 30 колеса находится ближе к реборде 22.

[0038]

Отношение положения Рw диска к ширине W<sub>r</sub> обода колеса, то есть  $L=P_w/W_r$ , определяется по отношению к углу α центральной линии толщины А. Отношение L положения Рw диска к ширине W<sub>r</sub> обода колеса и угол α центральной линии толщины А устанавливаются так, чтобы удовлетворялась следующая Формула (1).

$$L \geq 0,053\alpha - 3,8626 \dots (1)$$

[0039]

Угол α центральной линии толщины А является углом, образованным центральной линией толщины А с осевым направлением, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении. В том случае, когда центральная линия толщины А является очень плавной кривой, угол α определяется как угол между касательной линией в центре центральной линии толщины А (посередине между внешним концом Аа и внутренним концом Аб) и осевым направлением. В том случае, когда центральная линия толщины А является многоугольной ломаной линией, угол α определяется как угол между самым длинным сегментом среди всех сегментов центральной линии толщины А и осевым направлением. Угол α равен 90°, когда центральная линия толщины А параллельна

радиальному направлению. Кроме того, угол  $\alpha$  меньше  $90^\circ$ , когда центральная линия толщины А наклонена относительно радиального направления из-за вращения центральной линии толщины А вокруг внутреннего конца Аb от положения  $90^\circ$  к стороне, противоположной реборде 22. Другими словами, в том случае, когда внешний конец Аa центральной линии толщины А располагается на стороне направления против реборды относительно положения, в котором угол  $\alpha$  равен  $90^\circ$ , угол  $\alpha$  составляет менее  $90^\circ$ .

[0040]

Угол  $\alpha$  центральной линии толщины А устанавливается равным  $90^\circ$  или меньше. Угол  $\alpha$  предпочтительно меньше чем  $90^\circ$ , что однако зависит от спецификаций колодочного тормоза, используемого для колеса 100. Когда угол  $\alpha$  уменьшается, что означает больший наклон диска 30 колеса в направлении против реборды, ограничение, накладываемое на обод 20 колеса диском 30 колеса, ослабляется, так что деформация обода 20 колеса во время торможения железнодорожного транспортного средства может быть допустимой. С точки зрения производительности и т.п. колеса 100 угол  $\alpha$  предпочтительно составляет  $70^\circ$  или больше.

[0041]

С другой стороны, когда отношение L положения Рw диска к ширине Wг обода колеса увеличивается, заставляя корень диска 30 колеса для обода 20 колеса приближаться к реборде 22, ограничение, накладываемое на обод 20 колеса диском 30 колеса, ослабляется, так что деформация обода 20 колеса во время торможения железнодорожного транспортного средства может быть допустимой. С точки зрения производительности и т.п. колеса 100 отношение L предпочтительно устанавливается в пределах диапазона 0,26 или больше и 0,72 или меньше.

[0042]

#### ПОЛЕЗНЫЕ ЭФФЕКТЫ

В колесе 100 в соответствии с настоящим вариантом осуществления как угол  $\alpha$  центральной линии толщины А, так и отношение L положения Рw диска к ширине Wг обода колеса устанавливаются так, чтобы ослабить ограничение, накладываемое на обод 20 колеса диском 30 колеса. Более конкретно, в настоящем варианте осуществления угол  $\alpha$  центральной линии толщины А и отношение L положения Рw диска к ширине Wг обода колеса устанавливаются так, чтобы удовлетворялось соотношение, выраженное вышеупомянутой Формулой (1), при условии, что центр Сb ступицы 10 колеса располагается ближе к реборде 22, чем центр Сг обода 20 колеса, а диск 30 колеса и центральная линия толщины диска 30 колеса имеют линейную форму, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении. Такая конфигурация может эффективно уменьшать степень ограничения, накладываемого на обод 20 колеса диском 30 колеса в колесе 100, в котором центр Сb ступицы 10 колеса располагается ближе к реборде 22, чем центр Сг обода 20 колеса, а диск 30 колеса и центральная линия толщины диска 30 колеса имеют линейную форму. Таким образом, когда тормозная колодка колодочного тормоза прижимается к бандажу 21 обода 20 колеса, производя фрикционное тепло, тепловое

расширение обода 20 колеса становится более вероятным. Следовательно, когда колодочный тормоз используется для торможения железнодорожного транспортного средства, можно уменьшить термические напряжения, возникающие в ободе 20 колеса благодаря колодочному тормозу, и, следовательно, становится возможным предотвратить пластическую деформацию обода 20 колеса. В результате становится возможным предотвратить ситуацию, в которой остаточное напряжение в ободе 20 колеса преобразуется в растягивающее остаточное напряжение после охлаждения обода 20 колеса.

[0043]

В колесе 100 в соответствии с настоящим вариантом осуществления центральная линия А толщины диска 30 колеса имеет линейную форму и не имеет точки перегиба, когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении. Другими словами, диск 30 колеса соединяет ступицу 10 колеса и обод 20 колеса без существенных изгибов. В результате вес диска 30 колеса может быть уменьшен по сравнению со случаем изогнутого диска 30 колеса. Следовательно, может быть достигнуто снижение веса колеса 100.

[0044]

Кроме того, поскольку центральная линия толщины А имеет линейную форму, и диск 30 колеса по существу не изогнут, можно уменьшить концентрацию напряжений в диске 30 во время торможения железнодорожного транспортного средства с помощью колодочного тормоза. Следовательно, также можно уменьшить термические напряжения, возникающие в диске 30 во время торможения железнодорожного транспортного средства.

[0045]

Например, в том случае, когда диск 30 колеса наклонен в сторону направления реборды (к внутренней стороне рельса), когда диск 30 колеса проходит наружу в радиальном направлении, диск 30 колеса обладает низкой жесткостью против нагрузки, воспринимаемой колесом 100 от рельса в осевом направлении колеса 100, то есть нагрузки (бокового усилия), с которой на колесо 100 давит рельс в направлении реборды, когда железнодорожное транспортное средство проходит по криволинейному участку пути. В отличие от этого, в настоящем варианте осуществления угол  $\alpha$  центральной линии толщины А устанавливается равным  $90^\circ$  или меньше, и, следовательно, нет по существу никакой вероятности того, что диск 30 колеса будет наклонен в сторону направления реборды, когда диск 30 колеса проходит наружу в радиальном направлении. Следовательно, можно гарантировать жесткость диска 30 колеса против бокового усилия. В результате возможно уменьшить напряжение, возникающее в диске 30.

[0046]

В колесе 100 в соответствии с настоящим вариантом осуществления угол  $\alpha$  центральной линии А толщины предпочтительно составляет менее  $90^\circ$ . В этом случае диск 30 колеса наклоняется в сторону направления против реборды (к внешней стороне

рельса), когда диск 30 колеса проходит наружу в радиальном направлении. Такая конфигурация может увеличить жесткость диска 30 колеса против бокового усилия, и, следовательно, можно дополнительно уменьшить напряжения, возникающие в диске 30.

[0047]

В том случае, когда боковые поверхности 31 и 32 диска 30 колеса параллельны радиальному направлению колеса 100 (в том случае, когда боковые поверхности 31 и 32 диска 30 колеса перпендикулярны центральной оси X колеса 100), когда колесо 100 рассматривается в его продольном сечении, обод 20 колеса легко ограничивается диском 30 колеса. По этой причине боковые поверхности 31 и 32 диска 30 колеса предпочтительно наклонены относительно радиального направления колеса 100. Каждая боковая поверхность 31 и 32 может быть наклонена относительно радиального направления, например таким образом, чтобы она наклонялась в сторону направления против реборды (к внешней стороне рельса), когда она приближается к ободу 20 колеса. Делая боковые поверхности 31 и 32 наклонными относительно радиального направления, можно дополнительно ослабить ограничение на обод 20 колеса со стороны диска 30 колеса.

[0048]

В настоящем варианте осуществления толщина диска 30 колеса уменьшается по мере того, как диск 30 колеса проходит наружу в радиальном направлении, и толщина диска 30 колеса минимизируется в некоторой точке, находящейся внутри от внешнего конца Aa центральной линии толщины A. Более конкретно, положение в диске 30, в котором, минимизируется изгибающее напряжение, создаваемое изгибающей нагрузкой, получаемой от рельса, когда железнодорожное транспортное средство проходит криволинейный участок пути, по существу совпадает с положением, в котором минимизируется толщина диска. С помощью этой конфигурации можно предотвратить усталостное разрушение диска 30 колеса, увеличивая срок службы колеса 100.

[0049]

Выше был описан один вариант осуществления настоящего изобретения, но настоящее изобретение не ограничивается вышеупомянутым вариантом осуществления, и различные модификации могут быть сделаны без отступлений от сути и области охвата настоящего изобретения.

#### ПРИМЕРЫ

[0050]

Далее настоящее изобретение будет описано более подробно со ссылкой на Примеры. Однако настоящее изобретение не должно рассматриваться как ограничиваемое Примерами, описанными ниже.

[0051]

Для исследования формы колеса, способной подавлять образование растягивающего остаточного напряжения в ободе колеса, был проведен численный анализ методом конечных элементов (анализ FEM). При анализе методом конечных элементов

была создана аналитическая модель, имеющая ту же форму, что и у колеса 100 согласно вышеописанному варианту осуществления (Фиг. 1), и оценка остаточного напряжения в ободе колеса проводилась на аналитической модели при изменении угла центральной линии толщины, имеющей линейную форму, и изменении отношения положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса, то есть  $L=P_w/W_r$ . Оценка остаточного напряжения в ободе колеса также проводилась на аналитической модели колеса, в которой диск колеса имеет S-образную форму в поперечном сечении. Фиг. 2 представляет собой диаграмму, схематично иллюстрирующую колесо, включающее диск колеса, имеющий S-образную форму в поперечном сечении.

[0052]

Анализ FEM проводился с помощью программного обеспечения общего назначения (ABAQUS Ver.6.14 производства компании Dassault Systemes SE). В ходе анализа для моделирования торможения железнодорожного транспортного средства колодочным тормозом поток тепла подавался в течение 1200 с к той области бандажа колеса, которая должна контактировать с тормозной колодкой колодочного тормоза, а затем эта область охлаждалась в течение 10000 с. Внутренняя периферическая часть колеса была полностью ограничена и термически изолирована.

[0053]

Условия параметров  $\alpha$  и  $L$  и остаточное напряжение в ободе колеса, полученное с помощью анализа FEM, показаны в Таблице 1.

[0054]

[Таблица 1]

	Пример 1	Пример 2	Пример 3	Пример 4	Пример 5	Пример 6	Сравнительный пример 1	Сравнительный пример 2	Сравнительный пример 3	Сравнительный пример 4
Угол [ $\alpha(^{\circ})$ ]	70	75	80	75	75	75	S-образная форма	85	90	95
Положение диска [ $R_w$ (мм)]	60	60	60	50	70	90	81	60	60	60
Положение диска/Ширина обода [ $L$ ]	0,48	0,48	0,48	0,40	0,56	0,72	0,65	0,48	0,48	0,48
Массовое отношение относительно Сравнительного примера 1	0,96	0,95	0,95	0,94	0,95	0,95	1,00	0,94	0,94	0,94
Остаточное напряжение (МПа) в ободе	-82,53	-65,18	-26,05	-56,64	-75,34	-84,66	-46,00	31,29	62,71	35,49

[0055]

В Таблице 1 остаточное напряжение в ободке колеса означает максимальное напряжение в периферическом направлении в ободке колеса после торможения и охлаждения. Отрицательная величина остаточного напряжения в ободке колеса означает, что сжимающее остаточное напряжение в ободке колеса оставалось даже после торможения. Положительное значение остаточного напряжения в ободке колеса означает, что остаточное напряжение в ободке колеса преобразовалось в растягивающее остаточное напряжение после торможения.

[0056]

Как показано в Таблице 1, в каждом из Примеров 1-6 остаточное напряжение в ободке колеса имело отрицательную величину. Другими словами, в Примерах 1-6 термические напряжения в ободке колеса во время торможения, которое моделировало колодочный тормоз, уменьшались, и, следовательно, сжимающее остаточное напряжение в ободке колеса оставалось даже после торможения. В отличие от этого, в каждом из Сравнительных примеров 2-4 остаточное напряжение в ободке колеса имело положительное значение. Другими словами, в каждом из Сравнительных примеров 2-4 результат состоял в том, что остаточное напряжение в ободке колеса преобразуется в растягивающее остаточное напряжение после торможения. В Сравнительном примере 1, хотя остаточное напряжение в ободке колеса имело отрицательную величину, благодаря изгибу диска колеса вес колеса был увеличен по сравнению с Примерами 1-6 и Сравнительными примерами 2-4, в которых диск колеса не был изогнутым. Таким образом, в Примерах 1-6 образование растягивающего остаточного напряжения в ободке колеса было подавлено без увеличения веса колеса.

[0057]

Далее описываются исследования влияния угла  $\alpha$  и отношения  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса на остаточное напряжение в ободке колеса.

[0058]

Фиг. 3 представляет собой график, иллюстрирующий соотношение между углом  $\alpha$  и остаточным напряжением в ободке колеса в каждом из Примеров 1-3 и Сравнительных примеров 2-4, которые имеют одно и то же значение отношения  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса. Из Фиг. 3 видно, что когда угол  $\alpha$  составляет  $90^\circ$  или меньше, значение остаточного напряжения в ободке колеса увеличивается по мере роста угла  $\alpha$ . Следовательно, можно считать, что когда угол  $\alpha$  мал, вероятность преобразования остаточного напряжения в ободке колеса в растягивающее остаточное напряжение после торможения железнодорожного транспортного средства уменьшается.

[0059]

Фиг. 4 представляет собой график, иллюстрирующий соотношение между отношением  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса и остаточным напряжением в ободке колеса в каждом из Примеров 4-6, которые имеют один и тот же угол  $\alpha$ . Из Фиг. 4 видно, что даже при одном и том же угле  $\alpha$  значение остаточного напряжения в ободке колеса уменьшается при увеличении отношения  $L$  положения  $R_w$



диска к ширине  $W_r$  обода колеса. Следовательно, можно считать, что когда отношение  $L$  увеличивается, вероятность преобразования остаточного напряжения в обод колеса в растягивающее остаточное напряжение после торможения железнодорожного транспортного средства уменьшается.

[0060]

Как было описано выше, при вышеупомянутом анализе было подтверждено существование тенденции того, что более малый угол  $\alpha$  приводит к большему снижению остаточного напряжения в обод колеса, а также большее отношение  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса приводит к большему снижению остаточного напряжения в обод колеса. Причина такой тенденции будет описана со ссылкой на Фиг. 5 и Фиг. 6. Фиг. 5 представляет собой диаграмму, иллюстрирующую в преувеличенном виде деформацию, возникающую в колесе во время торможения в Примере 2, а Фиг. 6 представляет собой диаграмму, иллюстрирующую в преувеличенном виде деформацию, возникающую в колесе во время торможения в Сравнительном примере 3.

[0061]

В Примере 2 угол  $\alpha$  равен  $75^\circ$ , а отношение  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса равно 0,48. В Примере 2, как показано на Фиг. 5, обод 20 колеса значительно перемещался в направлении реборды, когда поток тепла направлялся к бандажу 21. Другими словами, в Примере 2 диск 30 колеса создавал малое ограничение в отношении перемещения обода 20 колеса в направлении реборды, так что тепловое расширение обода 20 колеса было допустимым. В Примере 2 термические напряжения, возникающие в обод 20 колеса во время торможения, уменьшались, и, следовательно, сжимающее остаточное напряжение в обод 20 колеса оставалось даже после торможения.

[0062]

В Сравнительном примере 3, хотя отношение  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса являлось таким же, как и в Примере 2, угол  $\alpha$  составлял  $90^\circ$ , то есть был больше, чем в Примере 2. В Сравнительном примере 3, как показано на Фиг. 6, не было почти никакого перемещения обода 20 колеса. В Сравнительном примере 3 диск 30 колеса создавал большое ограничение в отношении перемещения обода 20 колеса, так что тепловое расширение обода 20 колеса предотвращалось, когда поток тепла направлялся к бандажу 21. В Сравнительном примере 3 термические напряжения, возникающие в обод 20 колеса во время торможения, были большими, так что остаточное напряжение в обод 20 колеса преобразовывалось в растягивающее остаточное напряжение после торможения.

[0063]

Как было описано выше, даже когда колеса имеют одно и то же отношение  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса, остаточное напряжение в ободах 20 варьируется из-за различия углов  $\alpha$ . Аналогичным образом, даже когда колеса имеют один и тот же угол  $\alpha$ , остаточное напряжение в ободах 20 варьируется из-за различия отношений  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса. Другими словами, как угол  $\alpha$ , так и отношение  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса имеют отношение к

преобразованию остаточного напряжения в ободу колеса в растягивающее остаточное напряжение, возникающему благодаря торможению с помощью колодочного тормоза. С учетом вышеизложенного было получено соотношение между углом  $\alpha$  и отношением  $L$ , которое может предотвращать преобразование остаточного напряжения в ободу колеса в растягивающее остаточное напряжение во время торможения железнодорожного транспортного средства с помощью колодочного тормоза. В этом соотношении между углом  $\alpha$  и отношением  $L$  предельная линия, до которой остаточное напряжение в ободу колеса не преобразуется в растягивающее остаточное напряжение, показана на Фиг. 7.

[0064]

Точки графика на Фиг. 7 представляют собой результаты, полученные путем выполнения анализа FEM, по существу эквивалентного вышеупомянутому анализу FEM, и показывают  $L$ =положение  $R_w$ /ширина  $W_r$  обода, когда остаточное напряжение в ободу колеса равно нулю, при значениях угла  $\alpha$   $75^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $85^\circ$  и  $90^\circ$ . Прямая линия на Фиг. 7 получается путем аппроксимации этих точек графика по методу наименьших квадратов, и соответствует уравнению прямой  $L=0,053\alpha - 3,8626$ . В области выше этой прямой линии остаточное напряжение в ободу колеса преобразуется в сжимающее остаточное напряжение. Следовательно, случай, когда возможно по существу предотвратить преобразование остаточного напряжения в ободу колеса в растягивающее остаточное напряжение, является случаем, в котором угол  $\alpha$  и отношение  $L$  удовлетворяют следующей Формуле (1). Однако угол  $\alpha$  должен составлять  $90^\circ$  или меньше. Следующая Формула (1) применима только к колесу, в котором центр ступицы колеса располагается ближе к реборде, чем центр обода колеса, и диск колеса и центральная линия толщины диска колеса имеют линейную форму.

$$L \geq 0,053\alpha - 3,8626 \dots (1)$$

[0065]

Соблюдение вышеупомянутой Формулы (1) было подтверждено для каждого из Примеров и Сравнительных примеров. Как показано в Таблице 2, вышеупомянутая Формула (1) удовлетворяется в каждом из Примеров 1-6, в которых остаточное напряжение в ободу колеса имеет отрицательную величину. В отличие от этого, вышеупомянутая Формула (1) не удовлетворяется в каждом из Сравнительных примеров 2-4, в которых остаточное напряжение в ободу колеса имеет положительную величину. Следовательно, можно считать, что когда угол  $\alpha$  и отношение  $L$  положения  $R_w$  диска к ширине  $W_r$  обода колеса удовлетворяют вышеупомянутой Формуле (1) в колесе, в котором центр ступицы колеса располагается ближе к реборде, чем центр обода колеса, и диск колеса и центральная линия толщины диска колеса имеют линейную форму, можно подавить образование растягивающего остаточного напряжения в ободу колеса.

[0066]

[Таблица 2]

	Прим ер 1	Прим ер 2	Прим ер 3	Прим ер 4	Прим ер 5	Приме р 6	Сравни тельны й	Сравни тельны й	Сравни тельны й	Сравни тельны й
--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

							пример 1	пример 2	пример 3	пример 4
Угол [ $\alpha(^{\circ})$ ]	70	75	80	75	75	75	S- образн ая форма	85	90	95
Положение диска/Ширина обода [L]	0,48	0,48	0,48	0,40	0,56	0,72	0,65	0,48	0,48	0,48
$0,053\alpha-3,8626$	- 0,152 6	0,112 4	0,377 4	0,112 4	0,112 4	0,1124	-	0,6424	0,9074	1,1724
$L \geq 0,053\alpha-3,8626$	Да	Да	Да	Да	Да	Да	-	НЕТ	НЕТ	НЕТ

## СПИСОК ССЫЛОЧНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

[0067]

100: колесо

10: ступица

20: обод

21: бандаж

22: реборда

30: диск

A: центральная линия толщины

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Колесо для использования в железнодорожном транспортном средстве, содержащее:

ступицу, которая формирует внутреннюю периферийную часть колеса, и в которую должна вставляться ось железнодорожного транспортного средства;

обод, который формирует внешнюю периферийную часть колеса и включает в себя бандаж для контактирования с верхней поверхностью рельса, по которому движется железнодорожное транспортное средство, и реборду, выступающую наружу из бандажа в радиальном направлении колеса; и

диск, который имеет кольцевую форму и соединяет ступицу и обод, причем

центр ступицы в осевом направлении расположен ближе к реборде в осевом направлении, чем центр обода в осевом направлении, причем осевое направление является направлением, в котором проходит центральная ось колеса,

диск имеет центральную линию толщины, имеющую линейную форму, когда колесо рассматривается в продольном сечении, и

в том случае, когда угол между центральной линией толщины и осевым направлением принимается как  $\alpha$ , этот угол составляет  $90^\circ$ , когда центральная линия толщины параллельна радиальному направлению, и меньше  $90^\circ$ , когда центральная линия толщины наклонена относительно радиального направления из-за вращения центральной линии толщины вокруг внутреннего конца в радиальном направлении от положения  $90^\circ$  к стороне, противоположной реборде, и

в том случае, когда для обеих боковых поверхностей обода в осевом направлении расстояние в осевом направлении от боковой поверхности на стороне, противоположной реборде, до внешнего конца центральной линии толщины в радиальном направлении принимается как  $R_w$ , длина обода в осевом направлении принимается как  $W_r$ , и  $R_w/W_r$  принимается как  $L$ , удовлетворяется следующая Формула (1).

$$L \geq 0,053\alpha - 3,8626 \dots (1)$$

где угол  $\alpha$  составляет  $90^\circ$  или меньше.

2. Колесо по п. 1, в котором

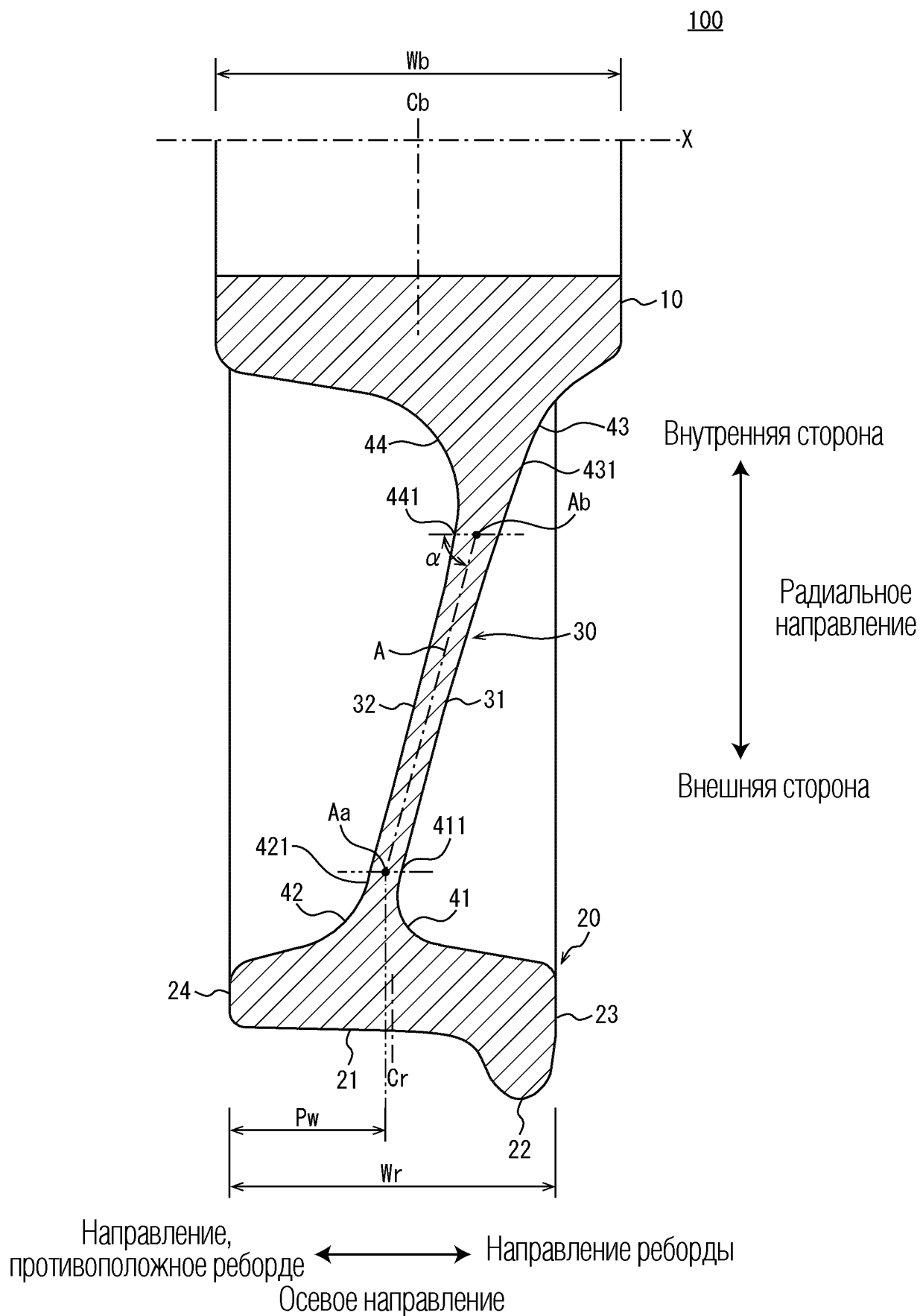
угол  $\alpha$  составляет менее  $90^\circ$ .

3. Колесо по п. 1 или 2, в котором

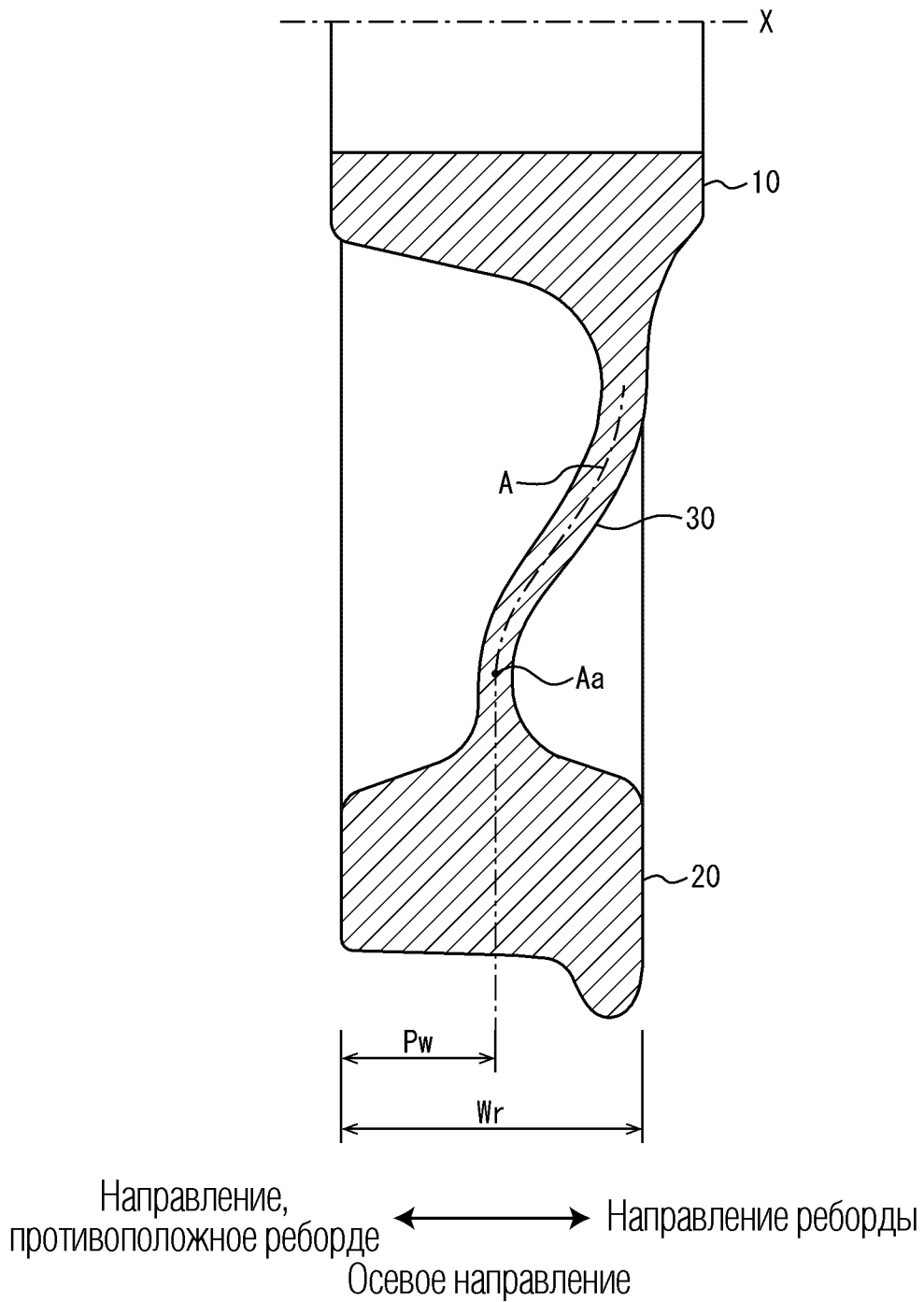
диск имеет толщину, которая уменьшается в радиальном направлении наружу до точки внутри от внешнего конца центральной линии толщины, и имеет минимальную толщину в этой точке.

По доверенности

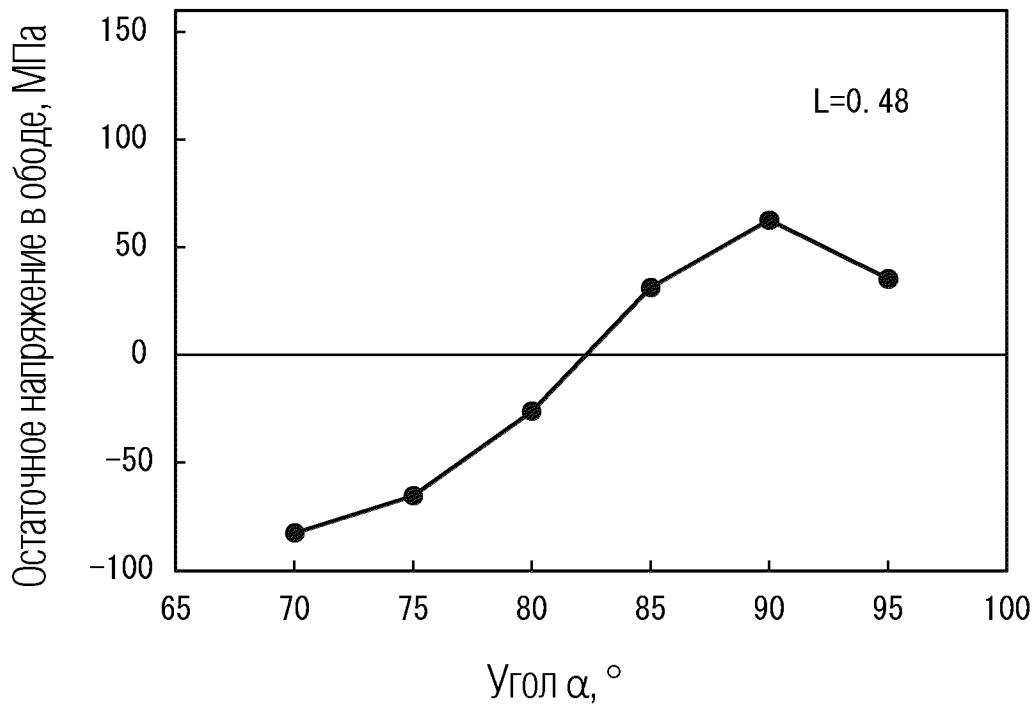
1/5



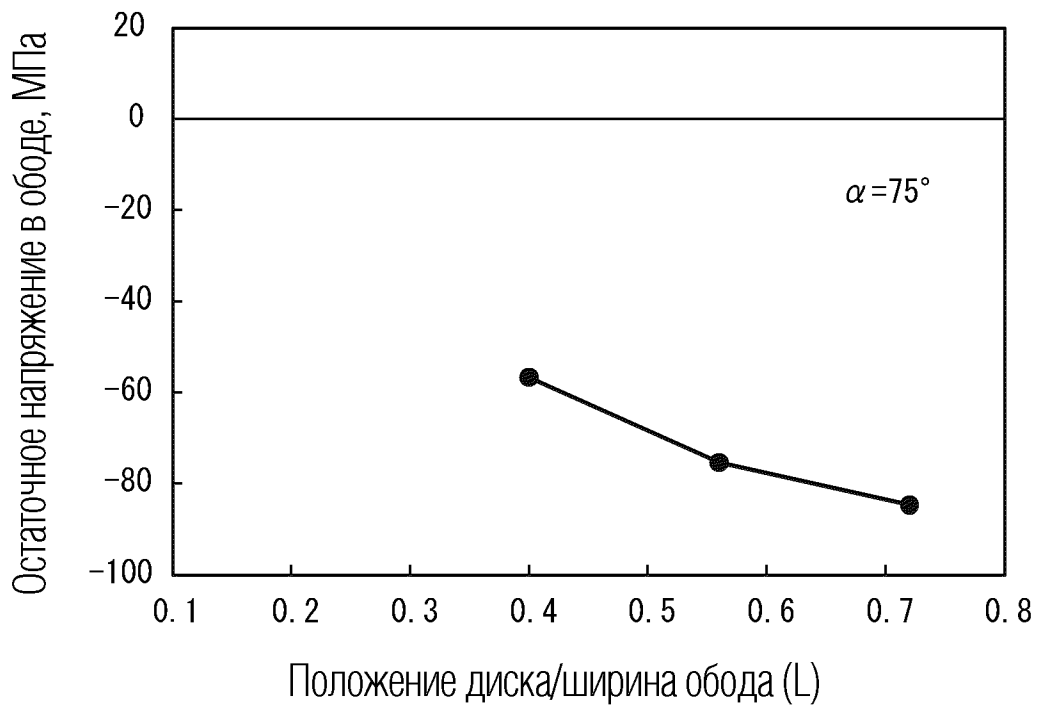
ФИГ. 1



ФИГ. 2

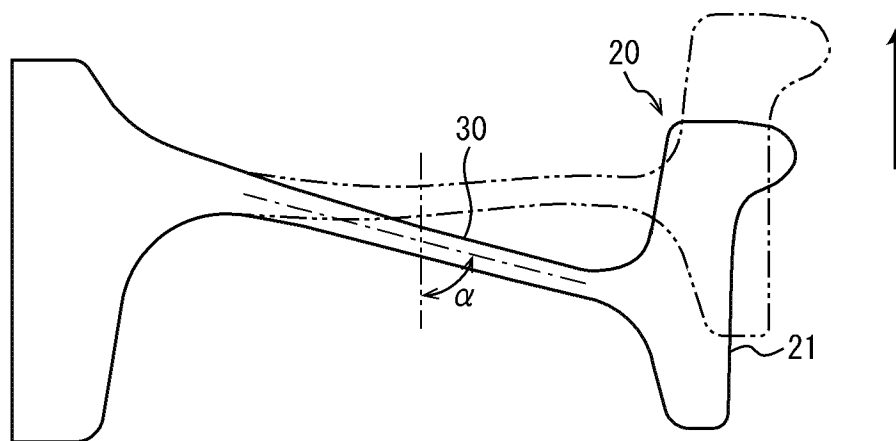


ФИГ. 3



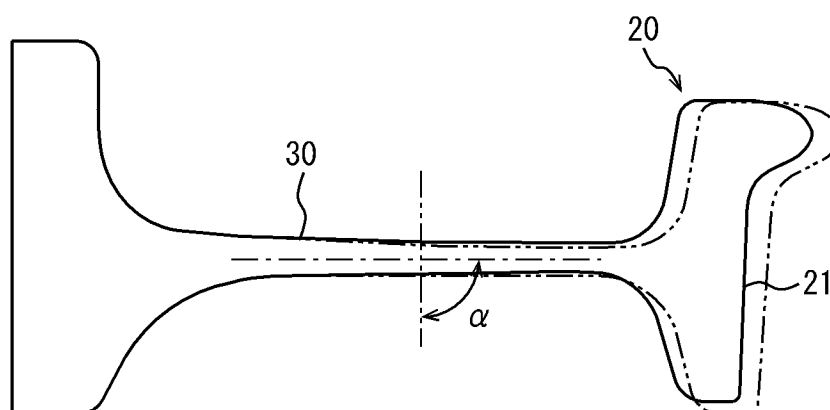
ФИГ. 4

Пример 2



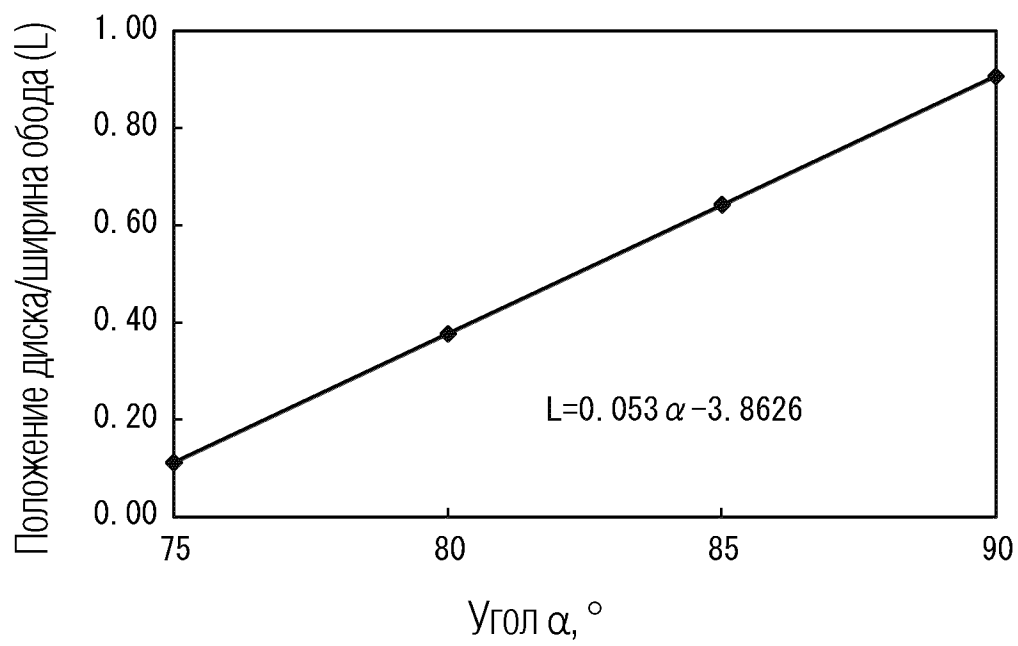
ФИГ. 5

Сравнительный пример 3



ФИГ. 6





ФИГ. 7