



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 9702659-0 A**

(51) Int. Cl.⁵:
C21D 1/28

(22) Data de Depósito: 25/07/1997

(43) Data de Publicação: 02/02/1999
(RPI 1465)



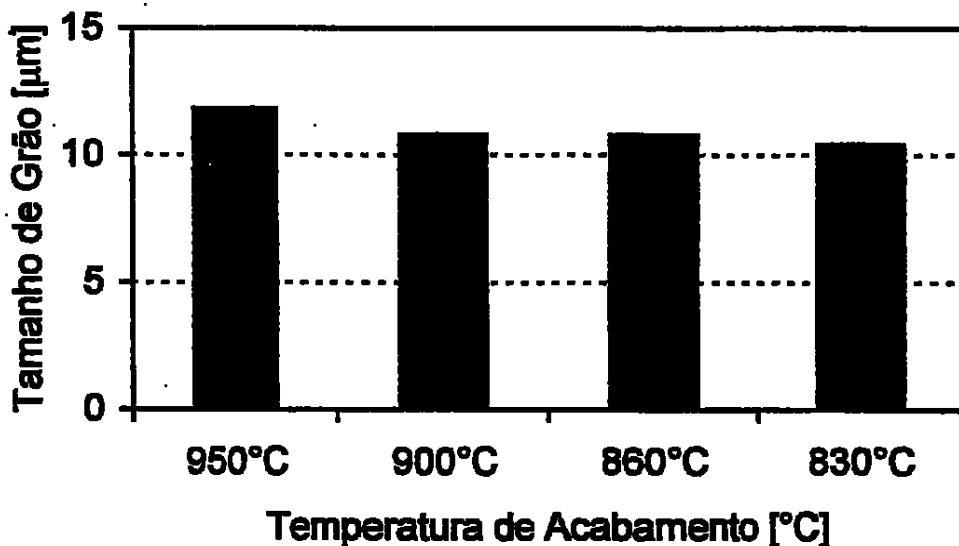
(54) Título: **PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE**

(71) Depositante(s): Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA (BR/SP)

(72) Inventor(es): Antonio Augusto Gorni

(74) Procurador: Paulo de Tarso Lourenço

(57) Resumo: Patente de Invenção para PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE. A patente de invenção consiste de um processo de laminação para se obter chapas grossas que apresentem microestrutura e propriedades equivalentes ao material normalizado, mas diretamente após a laminação a quente, dispensando o tratamento térmico adicional de normalização que é convencionalmente aplicado às chapas grossas no estado normalizado. A principal característica desta invenção está na definição de um processo de laminação que garanta plena recristalização da austenita durante os intervalos de tempo entre os passes de laminação a quente, proporcionando-se assim refino sucessivo em seu tamanho de grão. Este processo requer o uso de aço contendo micro-adições de titânio, mas mantendo seu teor de ligas e micro-ligas limitado. A placa a ser laminada em chapa grossa deve ser obtida pelo processo de lingotamento contínuo. O reaquecimento da placa antes da laminação a quente deve ser feito sob parâmetros minimizados de tempo e temperatura. Há um valor mínimo de a ser aplicado por passe. A temperatura de final de laminação deve ser alta o suficiente para permitir que ocorra recristalização plena da austenita após o final de laminação.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção “PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE”.

A invenção consiste de um processo de laminação especial para a
5 fabricação de chapas grossas que devam apresentar microestrutura e propriedades típicas de material normalizado, mas diretamente após a laminação a quente. Este processo de laminação permite dispensar o tratamento térmico adicional de normalização que é convencionalmente aplicado às chapas grossas no estado normalizado.

Convencionalmente, a produção de chapas grossas no estado normalizado se inicia
10 na laminação a quente da chapa grossa a partir de uma placa. No atual estado da técnica, as condições do processo de laminação em termos do esquema de passes aplicado ou da evolução da temperatura do laminado são determinadas em função da capacidade produtiva do equipamento de laminação, sem se levar em conta as consequências metalúrgicas ao produto. Isto ocorre porque a microestrutura e propriedades
15 mecânicas do produto serão efetivamente definidas após o tratamento térmico de normalização que será aplicado subsequente à chapa grossa. Este tratamento é feito após o material ter sido resfriado até a temperatura ambiente, consistindo em seu reaquecimento num forno sob temperaturas dentro do campo austenítico, permanência dentro do equipamento até ocorrer equalização total da temperatura ao longo
20 do laminado e, finalmente, retirada do forno e resfriamento da chapa grossa ao ar calmo.

O tratamento térmico convencional de normalização, utilizado den-

tro do estado atual da técnica, tem como objetivo produzir, durante a etapa de aquecimento, microestrutura austenítica recristalizada, uniforme e com tamanho de grão relativamente pequeno. Durante o resfriamento, essa estrutura uniforme se transforma em ferrita e perlita, com tamanho de grão adequado para proporcionar à chapa grossa as propriedades do material no chamado estado normalizado

A invenção consiste de um processo de laminação especial onde tanto o esquema de passes como a evolução da temperatura ao longo das deformações devem ser estritamente controladas, de modo a se promover a evolução de microestrutura austenítica adequada para que, após a laminação e o subsequente resfriamento ao ar do esboço, a microestrutura e conseqüentes propriedades mecânicas no produto sejam equivalentes às obtidas no tratamento térmico convencional de normalização.

Um aspecto fundamental neste processo de invenção consiste em se garantir a recristalização plena da austenita no intervalo de tempo entre os passes de laminação. Para se atingir esse objetivo, o aço a ser processado deve atender a alguns requisitos em termos de composição química:

a) O aço deverá conter micro-adições de titânio de modo a restringir o eventual crescimento de grão austenítico tanto durante o reaquecimento da placa antes da laminação como durante o intervalo de tempo entre os passes de laminação. Seu teor deve estar abaixo da sua relação estequiométrica com o nitrogênio, de modo a se evitar o coalescimento dos precipitados de TiN durante o reaquecimento da placa. Este fenômeno tende a reduzir o efeito restritivo que esses precipitados exercem sobre o cres-

cimento do tamanho de grão durante o processo de reaquecimento, fato que é indesejável metalurgicamente;

- b) O teor de elementos de liga e de micro-liga - particularmente nióbio - não deve ser excessivo, para garantir que a austenita continue se recristalizando plenamente no intervalo de tempo entre os passes de laminação, até o final do processo de conformação a quente, quando a temperatura da chapa grossa é relativamente baixa.

Este processo de invenção também exige que a placa que será transformada em chapa grossa através de laminação a quente, seja obtida através de lingotamento contínuo. Este tipo de processo garante tamanho de grão refinado à microestrutura da placa, contribuindo para uma evolução adequada da microestrutura ao longo de sua laminação a quente.

A seqüência de execução deste processo de invenção é descrita a seguir.

- a) A placa deve ser reaquecida sob parâmetros minimizados de tempo e temperatura, de modo a evitar crescimento exagerado do tamanho de grão de sua microestrutura. Grãos de tamanho exagerado apresentam nítida tendência em não se recristalizar durante a laminação a quente, o que conferirá uma microestrutura heterogênea ao material. Esta heterogeneidade comprometerá a microestrutura obtida ao final da laminação, fazendo com que ela não atenda aos requisitos típicos que um material no estado normalizado deve apresentar. As condições de reaquecimento também deverão garantir encharque térmico uniforme ao longo do material, outra condição fundamental para assegurar a uniformidade da microestrutura do laminado;

b) O grau de deformação real mínimo por passe de deformação (E) deverá ser de 0,16. Esse grau de deformação real é definido pela fórmula:

$$E = \ln(H/h) \quad (I)$$

ou seja, o grau de deformação real (E) é o logaritmo natural da razão entre a espessura do esboço antes do passe de laminação (H) e a espessura do esboço obtida após a
5 passagem pelo laminador (h). Também essa condição é necessária para garantir que a austenita se recristalize plenamente durante o intervalo de tempo entre os passes de laminação. Portanto, passes muito leves para ajuste da espessura do esboço, no final da laminação, devem ser evitados, pois tenderão a restringir a recristalização plena da
10 austenita após sua aplicação, gerando grãos grosseiros e heterogêneos, incompatíveis num material no estado normalizado. Esse problema é particularmente sério se a temperatura de acabamento for relativamente baixa, situação em que a cinética de recristalização da austenita não é tão rápida, levando também à formação de microestrutura grosseira e heterogênea;

15 c) Os intervalos de tempo entre passes deverão ter duração suficiente para promover a recristalização plena da austenita. Porém, não devem ser exageradamente longos, de forma a promover o crescimento de grão e prejudicar o refino progressivo do tamanho de grão presente na microestrutura;

d) O uso de resfriamento forçado entre passes, através de “sprays” de ar e água, ou
20 sistemas de descamação, deve ser restringido ou mesmo eliminado. Esta medida tem como objetivo garantir a homogeneidade térmica do esboço que está sendo laminado, evitando-se a formação de gradientes de temperatura entre a superfície e o núcleo do

esboço O resfriamento forçado deve ser totalmente suprimido durante os últimos passes de laminação, onde o efeito das heterogeneidades térmicas no esboço sobre sua microestrutura é máximo,

e) A temperatura de final de laminação, também conhecida como temperatura de acabamento, deverá assumir valor de modo a promover recristalização plena da austenita após a aplicação do último passe. Desse modo, a microestrutura da austenita ao final da laminação a quente apresentará grãos equiaxiais, refinados e de tamanho uniforme, de forma similar à da austenita produzida pela etapa de reaquecimento do tratamento térmico convencional de normalização. Poderão ser utilizadas temperaturas de acabamento superiores a esse valor mínimo, conforme o nível de propriedades desejado no produto a ser obtido. Contudo, uma vez objetivado um conjunto de propriedades mecânicas para o produto, a temperatura de acabamento não deverá oscilar além de 20 graus acima ou abaixo do valor especificado. Caso contrário, ocorrerá dispersão indesejável nas propriedades do material.

A aplicação desse processo de invenção na COSIPA a um aço de composição química 0,11% C, 1,17% Mn, 0,27% Si, 0,027% P, 0,009% S, 0,054% Al, 0,016% Nb, 0,013% Ti e 0,0049% N produziu chapas grossas com microestrutura e propriedades típicas de material obtido pelo tratamento térmico convencional de normalização. Isto é demonstrado pelos resultados obtidos em função da temperatura de acabamento aplicada ao laminado, mostrados em forma gráfica, em termos de tamanho de grão (mostrados na Figura 1), limite de escoamento (mostrados na Figura 2), limite de resistência (mostrados na Figura 3), razão elástica (mostrados na Figura

4), alongamento total (mostrados na Figura 5) e energias absorvidas no ensaios de impacto Charpy executados a -60, -40, -20, 0 e 20°C (mostrados na Figura 6). Essas figuras mostram que, no caso específico deste aço, a temperatura de acabamento pode ser variada no intervalo de 830 a 950°C, conforme o nível de resistência mecânica e tenacidade que se deseja na chapa grossa no estado normalizado.

Este processo de invenção agilizou a produção de chapas grossas com microestrutura e propriedades similares ao material normalizado, uma vez que permite dispensar o tratamento térmico adicional de normalização, que tem de ser aplicado ao material dentro do estado atual da técnica. Além disso, o custo de fabricação deste tipo de produto é reduzido em 15%, uma vez que o reaquecimento do material durante o referido tratamento térmico implica em alto consumo de energia. Note-se também que essa redução no consumo de energia proporciona benefícios ecológicos decorrentes da menor necessidade de queima de combustível fóssil, contribuindo para a redução do efeito estufa. Além disso, a aplicação deste processo de invenção permite direcionar o equipamento de tratamento térmico para a produção de outros tipos de produto que não podem ser fabricados dentro do estado atual da técnica apenas através de laminação a quente, como, por exemplo, chapas grossas temperadas. Isto redundará em um melhor aproveitamento da capacidade instalada do equipamento.

Reivindicações

1- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE, caracterizado pelo processo de obtenção de chapas grossas que apresentam microestrutura e propriedades de material normalizado, mas diretamente após a laminação a quente, sem que haja a necessidade de aplicação de tratamentos térmicos suplementares após o resfriamento do laminado, a partir de placas lingotadas continuamente de aço cuja composição química inclui titânio, mas em teor adequado para não restringir a recristalização plena da austenita entre os passes de laminação a quente, e onde o correspondente processo de laminação a quente inclui reaquecimento sob parâmetros minimizados de tempo e temperatura, passes de laminação acima de um valor mínimo de grau de deformação, supressão de resfriamento forçado durante a laminação e temperatura de acabamento especificada de forma a se ter recristalização plena da austenita ao final do processo de laminação

2- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o aço a ser processado por esta invenção deverá conter micro-adições de titânio para garantir o refino do tamanho de grão da microestrutura, tanto durante a laminação a quente quanto no produto final

3- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o aço a ser processado por esta invenção também não deve apresentar teor excessivo de elementos de liga e micro-liga que venham a restringir a ocorrência de recristalização plena da austenita durante o intervalo de tempo entre os passes da laminação a quente

4- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as placas a serem processadas por essa invenção devem ser obtidas através do processo de lingotamento contínuo, cujo tamanho de grão refinado de sua microestrutura favorece a obtenção de uma microestrutura no produto final que seja equivalente à do material normalizado já no final da laminação a quente

5- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o processo de reaquecimento da placa que dará origem à chapa grossa utilizando-se este processo de invenção, deverá ser executado sob parâmetros minimizados de tempo e temperatura, para se refinar o tamanho de grão austenítico obtido na placa imediatamente antes do início do processo de laminação a quente, mas igualmente garantindo encharque térmico homogêneo na placa

6- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o grau de deformação real a ser aplicado por passe deve observar um valor mínimo igual a 0,16, para se garantir recristalização plena da austenita no intervalo de tempo subsequente até a aplicação do próximo passe, de modo a garantir refino sucessivo da microestrutura do laminado ao longo da laminação a quente

7- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que deve-se restringir ou mesmo

suprimir o uso de resfriamento forçado entre os passes da laminação a quente, para se evitar o surgimento de gradientes de temperatura entre a superfície e o núcleo da chapa grossa que está sendo laminada, contribuindo para a homogeneidade e o refino do tamanho de grão da microestrutura austenítica

5 **8- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a temperatura final de laminação deverá ser especificada de forma que ela promova recristalização plena da austenita após a aplicação do último passe, produzindo-se assim uma microestrutura com tamanho de grão
10 refinado, equiaxial e uniforme, de forma análoga à da austenita produzida pela etapa de reaquecimento do tratamento térmico convencional de normalização

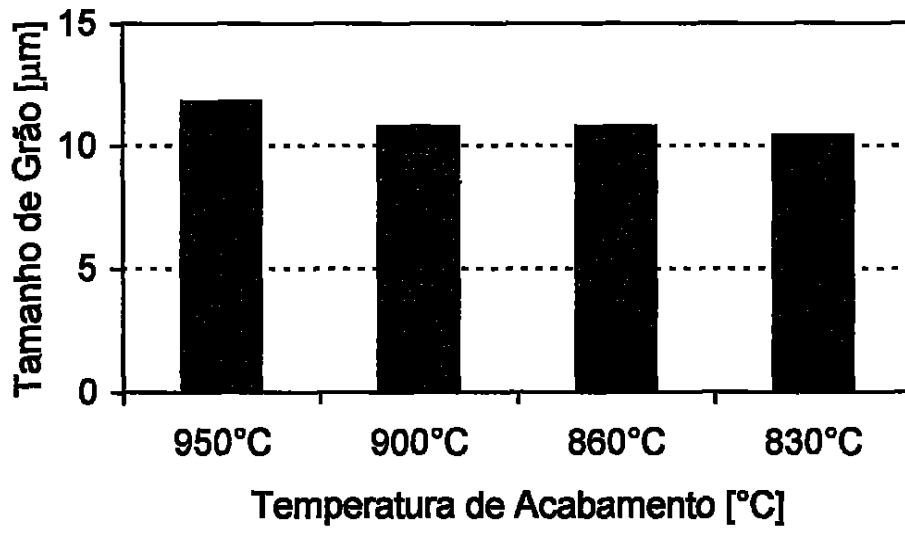


FIGURA 1

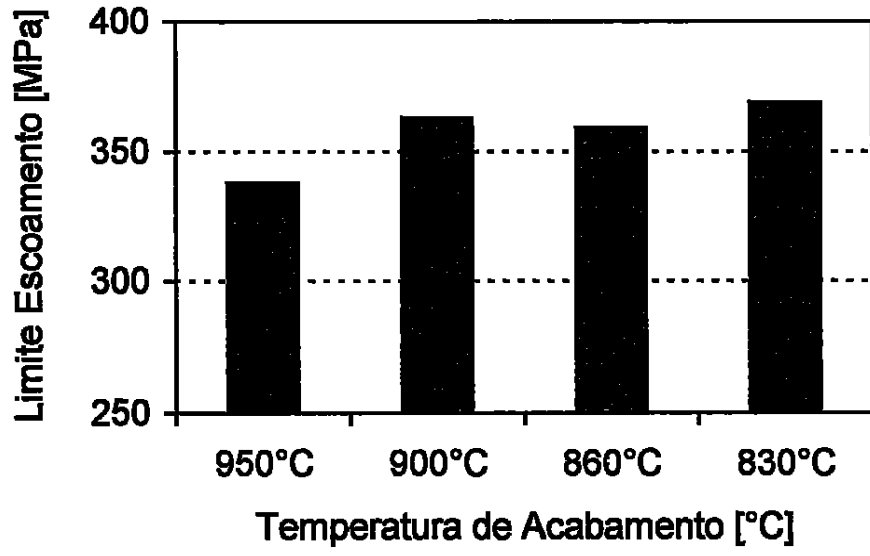


FIGURA 2

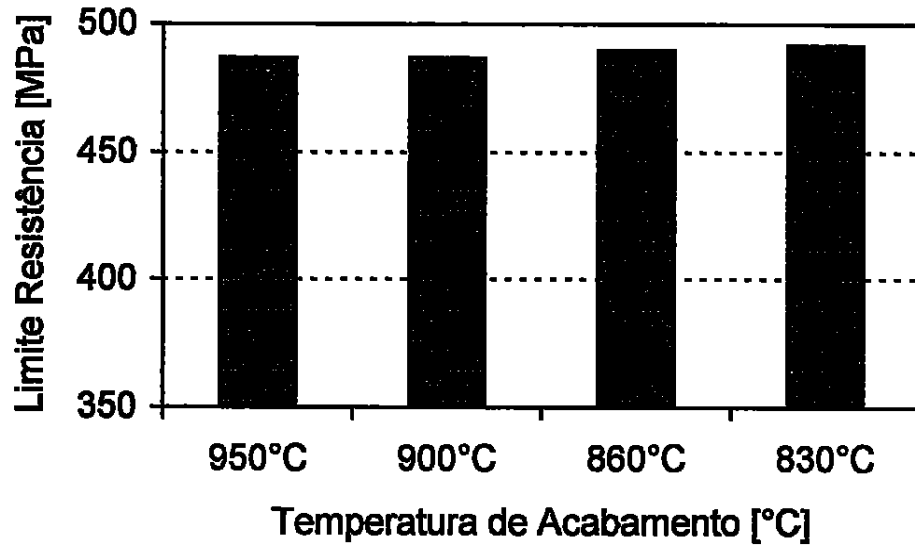


FIGURA 3

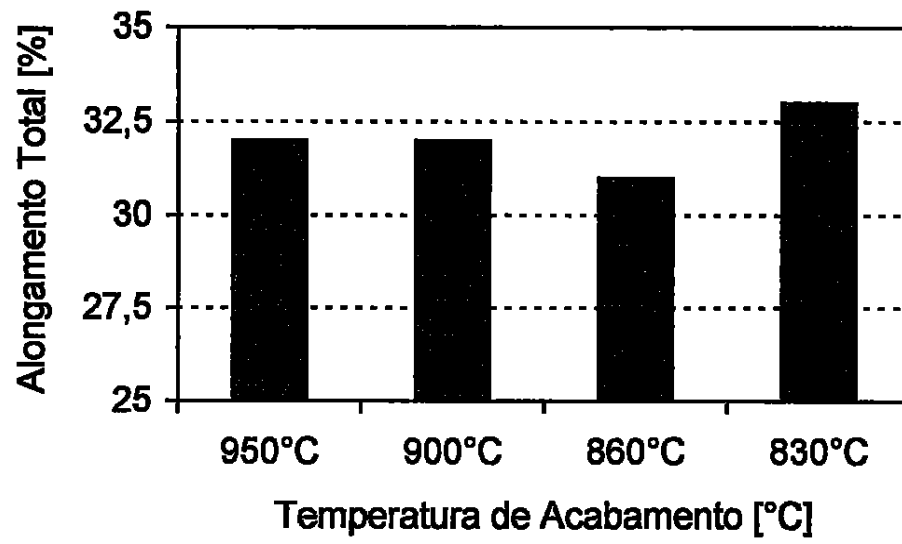


FIGURA 4

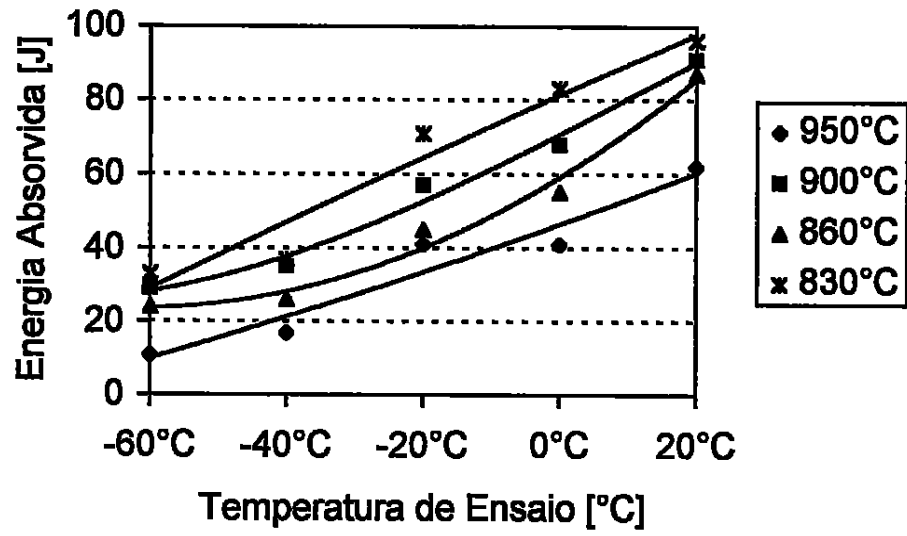


FIGURA 5

PT9702659

9702659

Resumo

Patente de Invenção para PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS NO ESTADO NORMALIZADO DIRETAMENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE.

5 A patente de invenção consiste de um processo de laminação para se obter chapas grossas que apresentem microestrutura e propriedades equivalentes ao material normalizado, mas diretamente após a laminação a quente, dispensando o tratamento térmico adicional de normalização que é convencionalmente aplicado às chapas grossas no estado normalizado. A principal característica desta invenção está na definição de um processo de laminação que garanta plena recristalização da austenita durante os intervalos de tempo entre 10 os passes da laminação a quente, proporcionando-se assim refino sucessivo em seu tamanho de grão. Este processo requer o uso de aço contendo micro-adições de titânio, mas mantendo seu teor de ligas e micro-ligas limitado. A placa a ser laminada em chapa grossa deve ser obtida pelo processo de lingotamento contínuo. O reaquecimento da placa antes da laminação a 15 quente deve ser feito sob parâmetros minimizados de tempo e temperatura. Há um valor mínimo de deformação a ser aplicado por passe. A temperatura de final de laminação deve ser alta o suficiente para permitir que ocorra recristalização plena da austenita após o final de laminação.