



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0620929-7 A2**

(22) Data de Depósito: 11/12/2006
(43) Data da Publicação: 29/11/2011
(RPI 2134)



(51) *Int.Cl.:*
C08L 67/02
C08G 63/183

(54) **Título:** PROCESSO E DISPOSITIVO PARA AJUSTE DE ESPECÍFICAS COMBINAÇÕES DE PROPRIEDADES EM AÇOS POLIFÁSICOS

(30) **Prioridade Unionista:** 10/01/2006 DE 10 2006 001 198.8

(73) **Titular(es):** SMS Demag AG

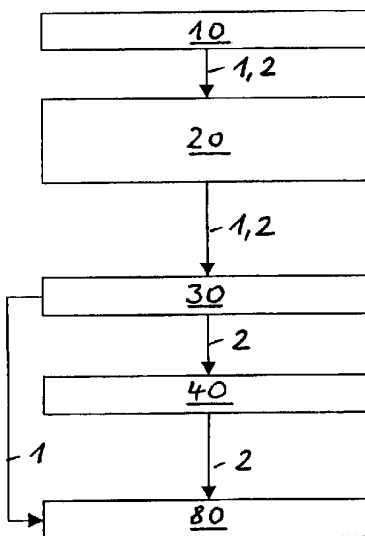
(72) **Inventor(es):** Christian Bilgen, Ingo Schuster, Wolfgang Henning

(74) **Procurador(es):** Orlando De Souza

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2006011909 de 11/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/079876 de 19/07/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO E DISPOSITIVO PARA AJUSTE DE ESPECÍFICAS COMBINAÇÕES DE PROPRIEDADES EM AÇOS POLIFÁSICOS. Aços polifásicos apresentam, em comparação com qualidades de aço convencionais, uma combinação nitidamente melhor de resistência e ductibilidade e, por isso, vêm crescendo em importância - especialmente para a indústria automobilística. Os grupos de aço atualmente mais significativos para a indústria automobilística são aços de duas fases e aços TRIP. A produção de distintas classes de resistência de aço polifásico diretamente na tira quente, a ser executada para distintos requisitos, exige um know-how de processo muito abrangente bem como previamente uma correspondente adaptação dos elementos de liga. Segundo a invenção é proposto que, em seguida à produção propriamente dita de aços polifásicos com uma análise padrão e uma condução de processo padrão seja realizado um tratamento de recozimento (30) com temperatura de recozimento e duração de recozimento variável, para o que podem ser ajustadas praticamente quaisquer combinações de distintos materiais ou combinações de propriedades (altura de limite de estiramento, nível de resistência a tração).



**PROCESSO E DISPOSITIVO PARA AJUSTE DE ESPECÍFICAS
COMBINAÇÕES DE PROPRIEDADES EM AÇOS POLIFÁSICOS**

A invenção refere-se a um processo e a um dispositivo para o ajuste de específicas combinações de propriedades em
5 aços polifásicos laminados a quente, cuja estrutura polifásica abrange ao menos 30% de ferrita e no máximo 50% de martensita, por exemplo aços de duas fases e TRIP, que são produzidos em um trem laminador convencional, uma instalação de fundição-laminação de lingotes finos ou
10 correspondentes laminadores de tira estreita e média ou em um trem laminador de arame com uma análise padrão e um condução de processo padrão.

Aços polifásicos apresentam, em comparação com qualidades de aço convencionais, uma combinação nitidamente
15 melhor de resistência e ductibilidade e, por isso, vêm crescendo em importância - especialmente para a indústria automobilística. Os grupos de aço atualmente mais significativos para a indústria automobilística são aços de duas fases e aços TRIP.

20 Devido aos custos de produção nitidamente mais baixos, a variante da produção diretamente como tira quente proporciona então vantagens econômicas e possui, assim, um potencial muito grande para o futuro.

Característica para os aços de duas fases é uma baixa
25 relação de limites de estiramento, que via de regra se situa entre 50 e 70 %. Em comparação com aços HSLA ("high-strength low-alloy"), isto é, aços altamente resistentes, de baixa liga, além do menor limite de estiramento com igual nível de resistência à tração, são obtidos valores de
30 dilatação nitidamente melhores. Para algumas aplicações

(por exemplo tubos) pode ser desejável que a relação de limite de estiramento deva ser ajustada a valores definidos, ainda que a dilatação de ruptura seja de igual magnitude.

5 Como a produção de distintas classes de resistência requer diretamente na tira quente um know-how de processo muito abrange, constitui estado atual da técnica adaptar para cada material individual ou a análise química ou, porém, a condução de pressão, apresentando aços Trip em
10 princípio uma relação de limite de estiramento um pouco maior em comparação com aços de duas fases.

 Da EP 1 108 072 B1 é conhecido um processo para produção de aços de duas fases, em que, depois do acabamento com um resfriamento em duas fases, se obtém uma
15 textura bifásica de 70 a 90 % de ferrita e 30 a 10 % de martensita. O primeiro resfriamento (lento) é realizado em um trecho de resfriamento, em que a tira quente é definidamente resfriada por estágios de resfriamento a água dispostos sucessivamente à distância, com uma velocidade de
20 resfriamento de 20 - 30 K/s. O resfriamento deve então ser de tal maneira ajustado que a curva de resfriamento comece com uma temperatura ainda tão alta na área de ferrita que possa ocorrer rapidamente a formação de ferrita. Esse primeiro resfriamento é prolongado até que ao menos 70 % da
25 austenita sejam convertidos em ferrita, antes de se conectar o ulterior resfriamento (rápido) imediatamente e sem período crítico.

 O efeito especial dos aços TRIP ("transformation induced plasticity") com uma textura de por exemplo 40 70 %
30 de ferrita, 15 - 40 % de bainita e 5 - 20 % de austenita

restante é a conversão da austenita restante metaestável em martensita, quanto ocorre uma deformação plástica exterior. Essa conversão, associada a um aumento de volume e a uma plastificação da matriz ferrítica, que é suportada não apenas pela austenita, mas sim também pelos componentes de textura circundantes, tem por consequência maior compactação e conduz, no total, a dilatações plásticas superiores. Para aços assim produzidos resulta uma combinação extraordinária de alta resistência e alta ductibilidade, razão por que são especialmente apropriados para um emprego na indústria automobilística.

Para a produção de uma tira de aço laminada a quente, isenta de perlita, com propriedade TRIP, é conhecido da EP 1 396 549 A1 um processo em que uma massa fundida de aço, que contém além de ferro e de inevitáveis impurezas ao menos um dos elementos Ti ou Nb como componente essencial e opcionalmente um ou vários dos elementos máx. 0,8 % Cr, máx. 0,8 % Cu, máx. 1,0 % Ni, é fundida para lingotes finos, que são recozidos com uma temperatura de entrada importando em 850 a 1050 °C em um forno de recozimento por uma duração de recozimento de 10 a 60 minutos a 1000 até 1200 °C. Depois de uma decapagem, os lingotes finos são então acabados a quente na faixa de 750 a 1000 °C e, depois, resfriados para uma temperatura de bobinagem de 300 a 530 °C em dois estágios com uma velocidade de resfriamento controlada do primeiro estágio de ao menos 150 K/s e uma pausa de resfriamento de 4 a 8 segundos. Além da condução de processo anteriormente descrita é importante a presença de Ti e/ou Nb, pois esses elementos permanecem em solução até ao início da laminação a quente e, quando de uma posterior

separação, aperfeiçoam entre outras a finura de grão da tira quente, um aumento do teor de austenita restante e sua estabilidade.

Finalmente, da EP 1 394 279 B1 é conhecido um processo
5 para produção de um aço pobre em carbono de alta resistência e alta ductibilidade com uma resistência à tração superior a 800 MPa, uma dilatação uniforme superior a 5 % e uma dilatação de ruptura superior a 20 %. Partindo de um pré-material temperado ou melhorado, um aço com 0,20
10 % C, 1,60 % Mn e acréscimos de boro e uma fração de fase de martensita superior a 90 %, depois de uma laminação a frio de mais de 20 % da laminação total, é executado um tratamento de recozimento a uma temperatura entre 500 e 600 °C, obtendo-se uma textura com uma estrutura de ferrita
15 granulosa, cristalina, ultrafina, de 100 a 300 nm com carburetos de ferro depositados na ferrita.

Partindo desse estado atual da técnica, constitui objetivo da invenção indicar um processo e um dispositivo com os quais aços polifásicos, que foram produzidos com uma
20 análise padrão e uma condução de processo padrão, podem ser convertidos em qualidades de aço com praticamente quaisquer combinações de propriedade.

O objetivo colocado é alcançado, segundo o processo, com as características da reivindicação 1, na medida em
25 que, em seguida ao resfriamento da laminação a quente ou de uma etapa de acabamento posterior, por exemplo quando do acabamento de componentes por um tratamento de recozimento conectado em seguida ou intercaladamente com temperatura de recozimento variável e duração de recozimento variável, são
30 ajustadas as combinações desejadas de resistências e

relações de limite de estiramento nos aços polifásicos. Um dispositivo para execução do processo é caracterizado na reivindicação 8. Configurações vantajosas da invenção estão indicadas nas sub-reivindicações.

5 Pelo tratamento de recozimento em aços polifásicos com uma análise padrão e uma condução de processo padrão, pós-conectado à produção propriamente dita, adaptado de acordo com a invenção e de execução simples, podem ser ajustadas praticamente quaisquer combinações de distintos materiais
10 ou combinações de propriedades (altura do limite de estiramento, nível de resistência). A produção de distintas classes de resistência de aço polifásico diretamente na tira quente requer, no entanto, um know-how de processo muito abrangente bem como, previamente, uma correspondente
15 adaptação dos elementos de liga.

 Segundo a invenção, o tratamento de recozimento com uma temperatura de recozimento variável de ≤ 600 °C e uma duração de recozimento de ≤ 120 s igualmente variável é de tal maneira executado que a textura resultante consiste em
20 uma matriz de base ferrítica bem como martensita ou bainita incorporada com 10 a 50 % da fração de superfície. Pela temperatura de recozimento é então, primeiramente, influenciada a altura do limite de estiramento por separações finamente distribuídas de carburetos nos limites
25 de grão da martensita ou bainita, e pela duração do recozimento é ajustável o nível de resistência de tração.

 A execução do tratamento de recozimento pode se dar, segundo a invenção, adaptado a circunstâncias dadas, independentemente de estágios de processo pré- ou pós-
30 conectados, "off-line", em um dispositivo de recozimento

contínuo, ou então "on-line" na linha de processo existente, por exemplo no âmbito de uma zincagem de tira no estágio de aquecimento de uma linha de zincagem antes da entrada no banho de zinco.

5 Segundo a invenção é ainda possível que o tratamento de recozimento seja realizado em componentes já prensados prontos (construções de molduras, rodas, elementos de união, entre outros), sendo esses componentes posteriormente aperfeiçoados em suas propriedades
10 mecânicas. A vantagem dessa modalidade processual é que a deformação para o componente pode ser realizada em um material bem deformável a frio com baixa relação de limite de estiramento a boa dilatação e, assim, o desgaste da ferramenta é mantido relativamente baixo. Pelo subsequente
15 tratamento de recozimento, a resistência dos componentes é elevada a valores que só dificilmente podem ser ademais pré-dados, pois então a força de prensagem das máquinas de deformação não seria suficiente.

Além do tratamento de recozimento integral de um
20 componente, segundo a invenção é especificamente possível um tratamento de recozimento zonal em pontos localmente limitados de um componente. O que se visa é então a substituição parcial de "Tailor Blanks" soldados. Nos "Tailor Blanks", especificamente em determinados locais de
25 componentes são soldados aços de maior resistência para o ajuste de índices de rigidez de componente desejados. Poder-se-ia, contudo, dispensar essa soldagem se, em lugar disso, então, nos referidos locais fosse realizado um tratamento de recozimento zonal.

30 Um dispositivo para ajuste de específicas combinações

de propriedades em aços polifásicos laminados a quente por um tratamento de recozimento é caracterizado, de acordo com a invenção, por uma instalação térmica, disposta em um local livremente selecionável dentro da instalação de produção ou linha de produção, em que um tratamento de recozimento pode ser executado até uma temperatura de recozimento de $\leq 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ e até uma duração de recozimento de $\leq 120\text{ s}$. Essa instalação térmica pode ser um dispositivo de recozimento contínuo, em que "off-line" é realizado o tratamento de recozimento por exemplo de componentes, ou disposta "on-line" em uma linha de processo existente, por exemplo no âmbito de uma zincagem de tira no estágio de aquecimento de uma linha de zincagem antes da entrada no banho de zinco.

O modo de ação do tratamento de recozimento de acordo com a invenção é esclarecido, entre outros, no exemplo que se segue. Aços de duas fases apresentam propriedades de tenacidade parcialmente anisotrópicas em direção de laminação e transversalmente à mesma. Com um tratamento de recozimento curto, por 60 s a $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, realizado de acordo com a invenção em um aço de duas fases, produzido como tira a quente, com $980\text{-}1025\text{ N/mm}^2$ de resistência a tração, essa anisotropia das propriedades pôde ser igualada em ambas as direções (propriedades isotrópicas). Como mostra a tabela a seguir, a tira a quente não tratada (duração de recozimento 0 s) possui uma formação nitidamente distinta das dilatações de ruptura em direção transversal de laminação e direção longitudinal de laminação. Pelo curto tratamento de recozimento (duração de recozimento 1 min.) diminui um pouco a resistência a tração, mas aumentam os valores para

a dilatação de ruptura no total para um nível mais alto:

Duração de recozimento (s)		$R_{p0.2}$ (Mpa)	R_m (Mpa)	$R_{p0.2}/R_m$	A %
0	longitudinal	473	1035	0.46	13,0
	transversal	469	981	0.48	7,8
60	longitudinal	503	839	0.60	17,7
	transversal	513	881	0.58	18,1

Essas correlações representadas no exemplo do aço de duas fases se aplicam igualmente também a aços TRIP.

Outros detalhes para a possível realização do
5 tratamento de recozimento de acordo com a invenção, descrito acima, são mais detalhadamente explicados a seguir em fluxogramas representados em figuras de desenhos esquemáticas.

Mostram:

10 Fig. 1 - um fluxograma do tratamento de recozimento de material em tira,

Fig. 2 - um fluxograma do tratamento de recozimento de material de arame,

15 Fig. 3 - um fluxograma do tratamento de recozimento de componentes.

Nas figura 1 a 3 estão representados em forma de fluxogramas as etapas de processo individuais, requeridas para o tratamento de recozimento de acordo com a invenção de material em tira (fig. 1), de material de arame (fig. 2)
20 e de componentes (fig. 3), sendo que o respectivo método de processo é caracterizado com setas de direção numeradas. Todos os fluxogramas executados têm em comum o fato de que como ponto de partida há inicialmente uma laminação a

quente, à qual se segue um resfriamento controlado da laminação a quente para obtenção de uma textura polifásica. As outras etapas de processo possíveis e o momento do tratamento de recozimento realizado nos diversos materiais são a seguir descritos.

Na figura 1 estão representados possíveis métodos de processo 1, 2 para um tratamento de recozimento de material em tira antes do ulterior beneficiamento. No método de processo 1, depois da laminação a quente 10 e do resfriamento 20 controlado é realizado um tratamento de recozimento 30 e, em seguida ao mesmo, o material de tira é conduzido para o processamento ulterior para o produto acabado 80. O tratamento de recozimento 30 pode ser realizado "on-line", estando para isso disposto um correspondente forno contínuo na linha de processo existente.

Com o método de processo 2 indicado, tem lugar, por exemplo, uma zincagem de tira 40 da tira a quente, de modo que antes, "on-line", pode ser realizado um tratamento de recozimento 30 contínuo no estágio de aquecimento da linha de zincagem. Em seguida à zincagem de tira 40 ocorre então o ulterior beneficiamento para o produto 80 acabado do material de tira.

Na figura 2 estão representados possíveis métodos de processo 1, 2, 3 para um tratamento de recozimento de material de arame. No método de processo 1 representado, depois da laminação a quente 10 e do subsequente resfriamento 20 controlado, o corre o tratamento de recozimento 30, que aqui pode ser executado "on-line" como no material de tira. Ao tratamento de recozimento 30 se

segue então diretamente o ulterior beneficiamento para o produto acabado 80.

Correspondentemente ao método de processo 2, tem lugar também aqui, depois da possível execução "on-line" do
5 tratamento de recozimento 30, ainda uma outra etapa de processamento, como a prensagem 50 de elementos de união, antes que o material de tira seja aduzido ao ulterior beneficiamento para o produto 80 acabado.

Alternativamente, essa prensagem 50 de elementos de
10 união pode ser executada já antes do tratamento de recozimento 30, como indica o método de processo 3. As etapas de processo assim resultantes, sucessivamente dispostas, são então: laminação a quente 10, resfriamento 20 controlado, prensagem 50 de elementos de união,
15 tratamento de recozimento 30 e finalmente o ulterior beneficiamento para o produto acabado 80.

Na figura 3 estão representados possíveis métodos de processo 1, 2, 3 para um tratamento de recozimento de componentes, sendo que para cada três métodos de processo
20 depois do resfriamento 20 controlado ocorre inicialmente com a produção de um peça em bruto 60 uma outra etapa de processo.

No método de processo 1, a produção de componentes com propriedades mecânicas ajustadas, depois da produção da
25 peça em bruto 60 ocorre a prensagem dos componentes 70. Todo o componente é então submetido a um tratamento de recozimento 30 e, em seguida, ao ulterior beneficiamento para produto acabado 80.

No método de processo 2, a produção de componentes com
30 tratamento de recozimento local, prévio, da peça em bruto,

após a produção da peça em bruto 60, ocorre um tratamento de recozimento 35 zonal, razão por que a prensagem dos componentes 70 deve ser realizado na peça em bruto já localmente tratada termicamente e, com isso, em uma peça em
5 bruto com propriedades mecânicas localmente alteradas.

Alternativamente ao método de processo 2, no método de processo 3 a produção de componentes com variação local posterior das propriedades mecânicas é realizada por um tratamento de recozimento 35 zonal do componente prensado,
10 com o que a prensagem dos componentes 70 pode ser realizada vantajosamente na peça em bruto ainda não tratada. Depois desse tratamento de recozimento 35 zonal, o componente localmente alterado em sua resistência mecânica pode então ser aduzido ao ulterior beneficiamento para o produto
15 acabado 80.

LISTA DE REFERÊNCIAS

	1, 2, 3	método de processo
	10	laminação a quente
	20	resfriamento controlado
20	30	tratamento de recozimento de toda a peça de trabalho
	35	tratamento de recozimento zonal
	40	zincagem da tira
	50	prensagem de elementos de união
25	60	produção da peça bruta
	70	prensagem dos componentes
	80	ulterior beneficiamento para produto acabado

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para o ajuste de específicas combinações de propriedades em aços polifásicos laminados a quente, cuja estrutura polifásica abrange ao menos 30% de ferrita e
5 no máximo 50% de martensita, por exemplo, aços de duas fases e TRIP, que são produzidos em um trem laminador convencional, uma instalação de fundição-laminação de lingotes finos ou correspondentes laminadores de tira estreita e média ou em um trem laminador de arame com uma
10 análise padrão e um condução de processo padrão, caracterizado pelo fato de que, em seguida ao resfriamento da laminação a quente (10) ou de uma etapa de acabamento posterior, por exemplo quando do acabamento de componentes por um tratamento de recozimento (30, 35) conectado em
15 seguida ou intercaladamente com temperatura de recozimento variável e duração de recozimento variável, são ajustadas as combinações desejadas de resistências e relações de limite de estiramento nos aços polifásicos.

2. Processo, de acordo com reivindicação 1,
20 caracterizado pelo fato de que o tratamento de recozimento (30, 35) é de tal maneira executado que a textura resultante consiste em uma matriz de base ferrítica bem como martensita ou bainita incorporada com 10 a 50 % da fração de superfície, sendo que pela temperatura de
25 recozimento é então, primeiramente, influenciada a altura do limite de estiramento por separações finamente distribuídas de carburetos nos limites de grão da martensita ou bainita, e pela duração do recozimento é ajustável o nível de resistência de tração.

30 3. Processo, de acordo com reivindicação 1 ou 2,

caracterizado pelo fato de que o tratamento de recozimento (30, 35) é realizado com uma temperatura de recozimento de $\leq 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma duração de recozimento de $\leq 120\text{ s}$.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o tratamento de recozimento (30, 35) é realizado "off-line" em um dispositivo de recozimento contínuo.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o tratamento de recozimento (30) é realizado "on-line" no âmbito de uma zincagem de tira (40) no estágio de aquecimento de uma linha de zincagem antes da entrada no banho de zinco.

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o tratamento de recozimento (30, 35) é realizado em componentes já prensados.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 6, caracterizado pelo fato de que o tratamento de recozimento (35) é realizado especificamente por zonas, isto é, em pontos localmente limitados de um componente.

8. Dispositivo para ajuste de específicas combinações de propriedades em aços polifásicos laminados a quente, cuja estrutura polifásica abrange ao menos 30% de ferrita e no máximo 50% de martensita, por exemplo aços de duas fases e TRIP, que são produzidos em um trem laminador convencional, uma instalação de fundição-laminação de lingotes finos ou correspondentes laminadores de tira estreita e média ou em um trem laminador de arame com uma

análise padrão e um condução de processo padrão, especialmente para execução do processo de acordo com uma ou várias das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que dentro da instalação de

5 produção ou linha de produção em um local livremente selecionável está disposta uma instalação térmica, em que um tratamento de recozimento (30, 35) pode ser executado com uma temperatura de recozimento variável de ≤ 600 °C e uma duração de recozimento variável de ≤ 120 s.

10 9. Dispositivo, de acordo com reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a instalação térmica é um forno contínuo disposto "on-line" em uma linha de zincagem.

10. Dispositivo, de acordo com reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a instalação térmica é um

15 dispositivo de recozimento contínuo operado "off-line".

11. Dispositivo, de acordo com reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a instalação térmica é executada de tal maneira que pode ser executado um tratamento de recozimento (35) por zonas em pontos

20 localmente limitados de um componente antes ou depois de sua produção propriamente dita como produto acabado.

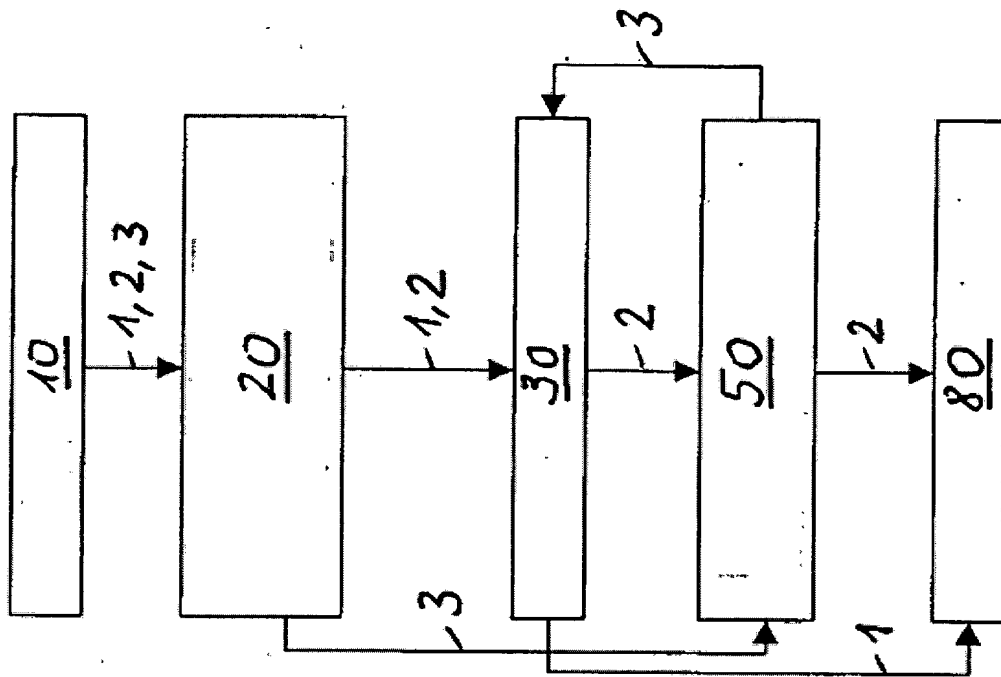


FIGURA 1

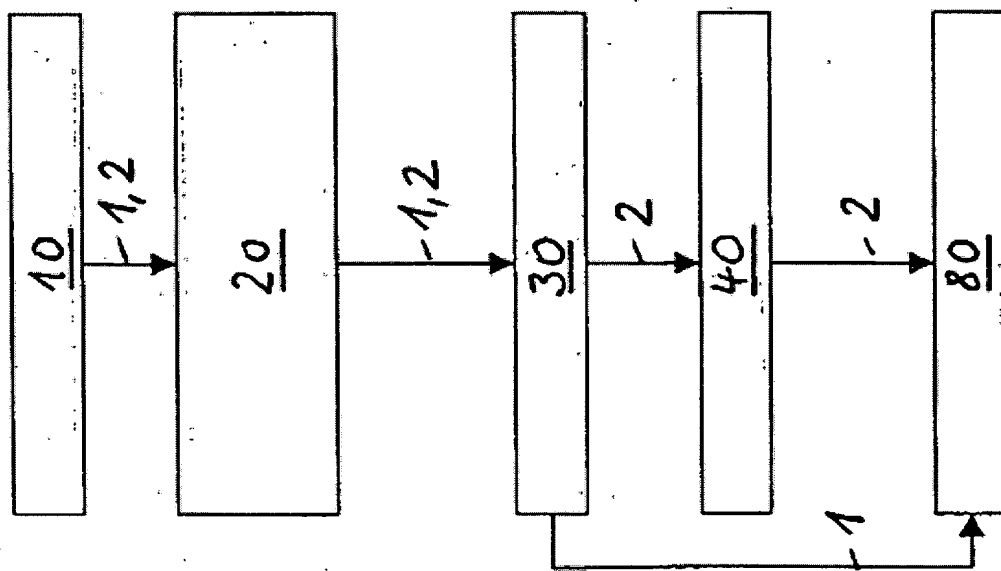


FIGURA 2

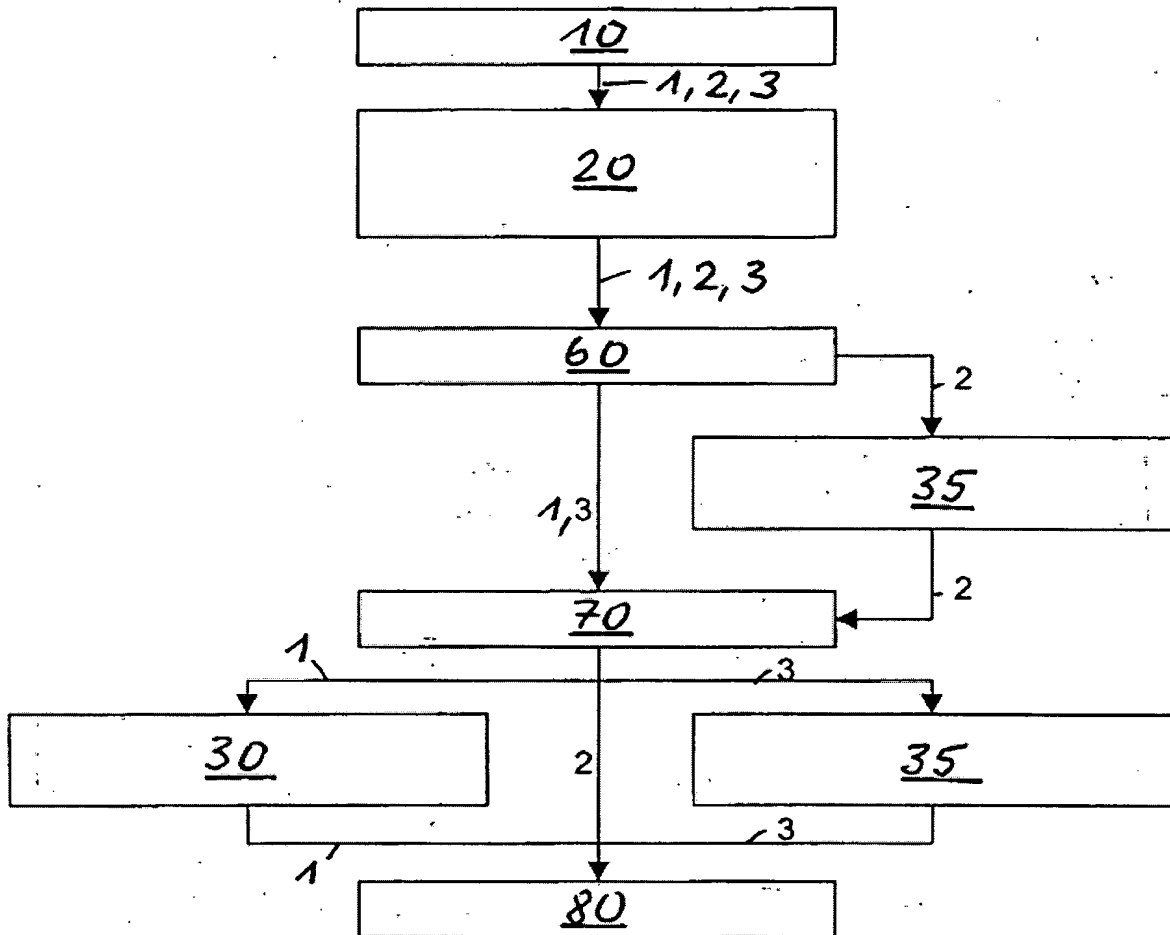


FIGURA 3

PROCESSO E DISPOSITIVO PARA AJUSTE DE ESPECÍFICAS
COMBINAÇÕES DE PROPRIEDADES EM AÇOS POLIFÁSICOS

Aços polifásicos apresentam, em comparação com qualidades de aço convencionais, uma combinação nitidamente
5 melhor de resistência e ductibilidade e, por isso, vêm crescendo em importância - especialmente para a indústria automobilística. Os grupos de aço atualmente mais significativos para a indústria automobilística são aços de duas fases e aços TRIP. A produção de distintas classes de
10 resistência de aço polifásico diretamente na tira quente, a ser executada para distintos requisitos, exige um know-how de processo muito abrangente bem como previamente uma correspondente adaptação dos elementos de liga. Segundo a invenção é proposto que, em seguida à produção propriamente
15 dita de aços polifásicos com uma análise padrão e uma condução de processo padrão seja realizado um tratamento de recozimento (30) com temperatura de recozimento e duração de recozimento variável, para o que podem ser ajustadas praticamente quaisquer combinações de distintos materiais
20 ou combinações de propriedades (altura de limite de estiramento, nível de resistência a tração).