



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

(21) **PI0616129-4 A2**

(22) Data de Depósito: 30/08/2006
(43) Data da Publicação: 07/06/2011
(RPI 2109)



(51) *Int.Cl.:*
C22F 1/04 2006.01

(54) Título: **PROCESSO DE EXTRUSÃO DE UM PRODUTO DE LIGA DE ALUMÍNIO 6020 TEMPERADA SOB PRESSÃO**

(30) Prioridade Unionista: 02/09/2005 US 11/219,186

(73) Titular(es): ALCOA INC

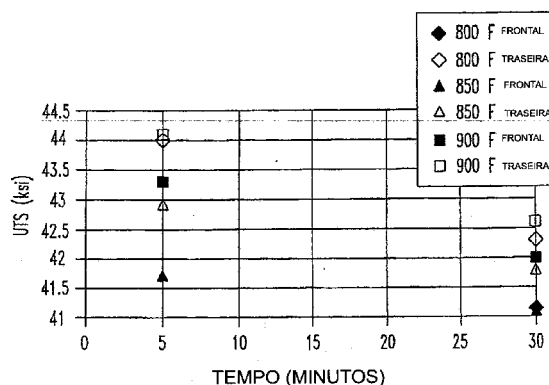
(72) Inventor(es): DAVID A. LUKASAK, THOMAS J. KLEMP

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006033561 de 30/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/027629 de 08/03/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO DE EXTRUSÃO DE UM PRODUTO DE LIGA DE ALUMÍNIO 6020 TEMPERADA SOB PRESSÃO. A presente invenção refere-se a um processo de produção de um produto de liga de alumínio 6020 temperada sob pressão, compreendendo as etapas de: proporcionar um lingote ou tarugo de uma liga de alumínio 6020, consistindo essencialmente em cerca de 0,5 a cerca de 0,6% de silício, cerca de 0,7 a cerca de 0,8% de magnésio, cerca de 0,55 a cerca de 0,65% de cobre, cerca de 0,35 a cerca de 0,45% de ferro, cerca de 0,01 a cerca de 0,04% de manganês, cerca de 1,05 a cerca de 1,15% de estanho, cerca de 0,04 a cerca de 0,06% de cromo; homogeneizar o tarugo; resfriar o tarugo; reaquecer o tarugo; extrudar o tarugo; temperar o produto extrudado; e envelhecer artificialmente o produto extrudado. A liga teve produtividade, resistência mecânica e trabalhabilidade otimizados e pode ser usada como um substituto direto para a liga contendo chumbo 6262-T6.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO DE EXTRUSÃO DE UM PRODUTO DE LIGA DE ALUMÍNIO 6020 TEMPERADA SOB PRESSÃO**".

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se a um processo de têmpera sob pressão de uma liga de alumínio da série 6XXX, de preferência, liga de alumínio 6020. Essa liga de alumínio temperada sob pressão pode ser usada como um substituto direto para a liga contendo chumbo 6262-T6, desse modo, evitando o surgimento de consequências ambientais.

10 **ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

A liga de alumínio 6020 foi desenvolvida em 1992 para produto acabado a frio possuindo boa trabalhabilidade. Os produtos acabados a frio incluem aplicações de fios metálicos, bastões, vergalhões e barras, que têm sido usados nas indústrias automotiva e comercial. A trabalhabilidade pode ser definida como a facilidade relativa que o material pode ser trabalhado. Os processos de trabalho incluem processos tais como desbaste, acabamento e fresagem. A boa trabalhabilidade é difícil de medir, embora, um sistema de classificação, que foi usado por algum tempo, classifica a trabalhabilidade em uma escala de letras, com uma classificação "A" sendo a de maior trabalhabilidade, seguida pelas classificações "B", "C", "D" e "E", considerando as seguintes características:

(1) Tamanho de apara - Tamanhos de aparas menores são mais desejados, porque essas aparas simplificam a operação de trabalho e facilitam a remoção de calor mais efetiva da interface ferramenta - peça em trabalho do que as aparas maiores. As aparas não devem ser muito pequenas, pois interferem com a recirculação de lubrificante, durante o processamento de trabalho global, tal como por perfuração ou corte. Aparas finas, longas tendem a enroscar-se nelas mesmas em vez de quebrarem. Essas aparas, algumas vezes chamadas enroscamentos, podem requerer remoção manual da área de trabalho e são menos efetivas do que as aparas menores na dissipação de calor, porque as aparas maiores tendem a bloquear o lubrificante de resfriamento.

(2) Desgaste da ferramenta - Taxas de desgaste de ferramentas

mais baixas são desejadas para economizar dinheiro, por aumento do período de tempo no qual uma ferramenta pode ser usada, antes que as tolerâncias prescritas para uma certa peça em trabalho sejam excedidas. As taxas de desgaste de ferramentas mais baixas aumentam ainda a produtividade, por redução do tempo de parada, devido às trocas de ferramentas.

(3) Acabamento superficial - As ligas apresentando um acabamento superficial externo muito liso na condição como trabalhadas são mais desejadas, para eliminar ou reduzir a necessidade para operações de acabamento superficial subseqüentes, tais como retificação e rebarbação.

(4) Forças de trabalho - Forças de trabalho mais baixas são mais desejadas para: reduzir os requisitos de energia e quantidade de calor de atrito na peça em trabalho, ferramenta e cabeça da ferramenta; ou aumentar o grau de trabalho ou remoção de metal, que pode ser conduzido com os mesmos requisitos de energia; e

(5) Propriedades mecânicas e de corrosão - As características mecânicas tal como resistência mecânica, ou outras propriedades tal como resistência a corrosão, podem ser "opcionais" com relação à trabalhabilidade. Também podem ser um tanto importantes, dependendo do uso da peça em trabalho sendo trabalhada. Embora esse sistema de classificação de "A" a "E" seja baseado nos cinco parâmetros discutidos acima, a importância relativa de cada parâmetro varia em função do uso final intencionado para qualquer dada liga.

O desejo de eliminar chumbo da liga por razões ambientais orientou o desenvolvimento da liga de alumínio 6020. Desejou-se estender essa liga a um produto temperado sob pressão, para também abordar os aspectos ambientais relacionados com a têmpera sob pressão da liga de alumínio 6262-T6. Um produto temperado sob pressão é um que tenha sido resfriado rapidamente de uma temperatura de extrusão por deformação elevada, por imersão em um banho líquido, tal como óleo ou água, de modo a eliminar rapidamente calor do produto. Ar também pode ser usado como um substituto para líquido. A finalidade da têmpera é eliminar uma transformação de fase, de modo a obter maior dureza, ou outras propriedades desejá-

veis. A intensidade da têmpera depende da capacidade do líquido ou ar de remover rapidamente calor do metal, isso, por sua vez, dependendo de outros fatores, tal como o uso de calor latente de vaporização, condutividade térmica, calor específico e viscosidade do líquido ou ar.

- 5 As tentativas para estender a liga 6020 a um produto temperado sob pressão foram satisfeitas com vários problemas. Um problema foi que o magnésio (Mg) combinado com estanho (Sn), durante reaquecimento do tarugo, resultou em baixa resistência mecânica, tal como resistência a tração, e trabalhabilidade inferior. A resistência a tração é a resistência de um
- 10 produto a uma força tendendo a rasg -lo, medida como a tensão máxima que o produto pode suportar sem rasgar. Quando um produto de liga de alumínio, tal como um tarugo ou lingote,   extrudado, é primeiro reaquecido e mantido a uma temperatura na liga acima da temperatura de solubilidade nas fases precipitadas na matriz de alumínio, por exemplo, a temperatura de
- 15 solubilidade para as fases de magnésio (Mg) - silício (Si) em um tarugo produzido de uma liga de Al - Mg - Si, até que as fases sejam dissolvidas. O produto é depois rapidamente resfriado ou temperado   temperatura de extrusão desejada, para impedir nova precipitação dessas fases na estrutura da liga. Entre as temperaturas de 426,7 e 493,3 C (800 e 920 F), o magn -
- 20 sio se combina com o estanho, a uma taxa rápida, para formar uma liga de magnésio - estanho. Acima de 493,3 C (920 F), o magnésio e o estanho não se combinam e v o de fato dissociar-se entre si. Abaixo de 426,7 C (800 F), a reação   lenta e não há tipicamente tempo suficiente, durante reaqui-
- 25 mento do tarugo, para que esses elementos se combinem substancialmente. As formas de produto para os quais uma liga 6020 temperada sob pressão   desejada são as aplicações de bastão, barra e fio metálico. Para os produtos temperados sob pressão dessa natureza, temperaturas do tarugo de 440,5 a 482,2 C (825 a 900 F) são tipicamente utilizadas. Como descrito acima, essa faixa de temperatura não vai permitir que a liga 6020 atinja uma trabal-
- 30 bilidade aceitável no produto temperado sob pressão.

Além disso, outros problemas encontrados foram que havia uma baixa produtividade, em comparação com a liga 6262, quando da superação

do aspecto da combinação de magnésio - estanho, e havia uma falta de uma composição otimizada dentro dos limites comerciais. Na extrusão, quanto mais alta a temperatura do tarugo, mais baixa a velocidade de extrusão que pode ser atingida. Como descrito, previamente a faixa de temperaturas do tarugo preferidas para as ligas, tal como a 6262, é de 426,7°C (800°F) a 493,3°C (920°F). Como mencionado acima, essas temperaturas resultaram em uma trabalhabilidade inaceitável para a liga 6020. O atingimento de temperaturas mais altas nos tarugos resultou em uma perda significativa de produtividade de extrusão. Adicionalmente, a composição não foi otimizada para os produtos temperados sob pressão. Descobriu-se que níveis de magnésio mais altos resultaram em uma maior degradação da trabalhabilidade. Quanto mais altos os níveis de Mg, proporciona-se uma maior força motriz, para promover a formação de Mg_2Sn abaixo de aproximadamente 493,3°C (920°F). Para compensar esse efeito, o nível de magnésio é otimizado na direção do lado inferior do limite comercial. Adicionalmente, o nível de estanho foi maximizado para manter uma fração volumétrica mais alta da fase Sn desejável, que proporciona as características de trabalho favoráveis da liga 6020. No entanto, com os níveis de magnésio mais baixos, a resistência mecânica no produto final é comprometida. Para compensar isso, os níveis de Si são otimizados no sentido do lado mais alto dos limites comerciais.

O objeto básico da presente invenção é proporcionar uma liga substancialmente isenta de chumbo, que seja passível de têmpera sob pressão.

Outro objeto da presente invenção é proporcionar uma liga temperada sob pressão com produtividade de extrusão otimizada e boas propriedades mecânicas e trabalhabilidade.

Um outro objeto da invenção é proporcionar uma liga temperada sob pressão, que possa ser usada como um substituto direto para a liga contendo chumbo 6262-T6.

30 SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um processo de produção de um produto de liga de alumínio 6020 temperada sob pressão. O processo

compreende as etapas de: (a) proporcionar um lingote ou tarugo de uma liga de alumínio 6020, consistindo essencialmente em cerca de 0,5 a cerca de 0,6% de silício, cerca de 0,7 a cerca de 0,8% de magnésio, cerca de 0,55 a cerca de 0,65% de cobre, cerca de 0,35 a cerca de 0,45% de ferro, cerca de 0,01 a cerca de 0,04% de manganês, cerca de 1,05 a cerca de 1,15% de estanho, cerca de 0,04 a cerca de 0,06% de cromo, não mais do que 0,034% de chumbo, o restante sendo essencialmente alumínio e elementos e impurezas eventuais; (b) homogeneizar o tarugo a uma temperatura de preferivelmente 551,7 a 565,5°C (1,025 a 1,050°F), por um período de uma hora; (c) resfriar o tarugo homogeneizado a uma taxa de resfriamento de cerca de 204,4°C (400°F) por cerca de uma hora; (d) reaquecer o tarugo a uma temperatura, de preferência, de cerca de 412,8°C (775°F) a cerca de 426,7°C (800°F), por de preferência menos do que cerca de cinco minutos; (e) extrudar o tarugo a uma velocidade na faixa preferivelmente de cerca de 45,7 mpm (150 fpm) a cerca de 53,3 mpm (175 fpm), e a uma temperatura de saída de preferivelmente 537,8 a 546,1°C (1,000 a 1,015°F); (f) temperar o produto extrudado a uma temperatura de saída de cerca de 93,3°C (200°F) a cerca de 176,7°C (350°F); (g) esticar o produto extrudado a pelo menos cerca de 1%; e (h) envelhecer artificialmente o produto extrudado a uma temperatura na faixa 171,1 a 179,4°C (340 a 355°F), por um período de tempo de cerca de 8 horas.

Seguindo-se o processo descrito acima, produz-se uma liga de alumínio 6020 temperada sob pressão, que é preferivelmente adequada para aplicações de bastões, barras e fios metálicos. A liga tem produtividade, resistência mecânica e trabalhabilidade aperfeiçoadas e pode ser usada como um substituto direto para a liga contendo chumbo 6262-T6.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 mostra a influência do tempo e da temperatura de reaquecimento do tarugo na resistência a tração final.

A figura 2 mostra a influência do tempo e da temperatura de reaquecimento do tarugo no limite de resistência a tração.

A figura 3 mostra a influência do tempo e da temperatura de re-

aquecimento do tarugo na trabalhabilidade.

A figura 4 mostra a área de pico DSC para a fase Sn versus a trabalhabilidade.

5 A figura 5 mostra o limite de resistência a tração médio em função da velocidade de extrusão e da localização.

A figura 6 mostra um conjunto de curvas para a temperatura de saída em função da localização e da velocidade de extrusão do tarugo.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONCRETIZAÇÕES PREFERIDAS

10 A liga 6020 temperada sob pressão da presente invenção contém silício, magnésio, cobre, ferro, manganês, cromo e estanho. O teor de silício varia de preferência de cerca de 0,5 a cerca de 0,6%, todos dos percentuais aqui apresentados sendo em peso. O magnésio está preferivelmente presente em proporções de cerca de 0,7 a cerca de 0,8%. Acredita-se

15 que mantendo-se o magnésio nessa faixa, produz-se uma trabalhabilidade com trabalhabilidade aperfeiçoada. Além dos respectivos percentuais para silício e magnésio, prefere-se na prática da invenção que o silício esteja presente em um excesso além da proporção teoricamente consumida como Mg_2Si . No entanto, é também importante que o grau de excesso seja relativamente ligeiro. Esse é bastante afetado pelo controle da proporção de

20 magnésio para exceder a proporção de silício por cerca de 0,1 a cerca de 0,3%, embora no canto de magnésio (Mg) mais alto - silício (Si) mais baixo da janela da composição, um ligeiro excesso de magnésio seja tolerado. A significância dessa relação é proporcionar altos limites de resistência a tração. A limitação do excesso de silício a um pequeno excesso proporciona

25 uma combinação dessa resistência com tenacidade e resistência a impacto aperfeiçoadas. O cobre está presente, de preferência, de cerca de 0,55% a cerca de 0,65%. O ferro está presente em uma faixa preferível de cerca de 0,35 a cerca de 0,45%. A proporção de manganês varia de cerca de 0,01 a cerca de 0,04%, com a proporção preferível sendo cerca de 0,02%. O esta-

30 nho está presente a uma faixa de cerca de 1,05 a cerca de 1,15%, com a proporção preferível sendo cerca de 1,10%. O cromo está presente a uma faixa preferível de cerca de 0,04 a cerca de 0,06%. Indo-se a níveis próxi-

mos de zero para cromo e manganês, acredita-se que seja mais desejável para conseguir um tamanho de grão fino.

Na prática da invenção, é importante que os tarugos sejam submetidos a uma temperatura de preaquecimento ou homogeneização muito alta de cerca de 548,9°C (1,020°F) a cerca de 576,7°C (1,070°F), de preferência, cerca de 551,7°C (1,025°F) a cerca de 565,5°C (1,050°F), por um período de cerca de quatro horas. O tarugo é preaquecido por qualquer processo usado para aquecer tarugo, mas, para os fins dessa invenção, um forno elétrico foi usado. Nessa faixa de temperatura, o potencial para crescimento de grãos da fase estanho (Sn) é minimizado. O crescimento de grãos é do crescimento da fase Sn a um tamanho indesejável, que resulta em uma distribuição (partículas por unidade volumétrica) que pode influenciar negativamente a trabalhabilidade. A minimização do crescimento de grãos da fase estanho resulta na extrusão tendo propriedades de tensão mais altas, tal como resistência a tração (TS), limite de resistência a tração (TYS) e resistência a tração final (UTS), e um desempenho de trabalhabilidade mais desejável. Para os fins dessa invenção, a resistência a tração, como mencionado acima, pode ser definida como o grau máximo de tensão que um material pode ser submetido antes que rasgue. Além disso, o limite de resistência a tração pode ser definido como o ponto no qual a deformação do material fica irreversível, e o trabalho produzido por forças externas, tal como tensão, não é armazenado como energia elástica, mas vai tender à contração, fissuras e, basicamente, falha da construção, e a resistência a tração final é a tensão limite na qual o material rasga de fato.

O tarugo é depois resfriado a uma taxa de resfriamento de cerca de 204,4°C (400°F) por cerca de uma hora. O resfriamento é atingido por colocação da carga homogeneizada de lingotes em uma câmara de resfriamento projetada especialmente, que força ar ou outros meios de resfriamento pelo tarugo, para obter a taxa de resfriamento. Essa taxa de resfriamento minimiza a formação de magnésio - estanho (Mg_2Sn), que pode ter um impacto negativo na trabalhabilidade. Depois, o tarugo é reaquecido a uma temperatura na faixa de cerca de 315,5°C (600°F) a cerca de 482,2°C

(900°F), de preferência, de cerca de 412,8°C (775°F) a cerca de 426,7°C (800°F). O tarugo é reaquecido por menos de cerca de trinta minutos, de preferência, por menos de cerca de cinco minutos. Qualquer processo pode ser usado para reaquecer o tarugo, mas para fins dessa invenção, o tarugo
5 foi reaquecido por uso de ambos os fornos a gás e elétrico. As figuras 1 - 4 mostram que o reaquecimento do tarugo, nessa temperatura preferida e por esse período de tempo preferido produz a maior resistência mecânica e a melhor trabalhabilidade. As figuras 1 e 2 mostram a influência da temperatura do tarugo e o tempo na resistência a tração final e no limite de resistência a tração. Desses dados, é evidente que tempos de retenção mais longos
10 resultam em um abaixamento da resistência mecânica. Adicionalmente, 454,4°C (850°F) resulta em uma menor resistência mecânica do que 426,7 ou 482,2°C (800 ou 900°F), como as temperaturas de reaquecimento. Para fins que vão ser descritos posteriormente, o reaquecimento do tarugo a uma
15 temperatura de 426,7°C (800°F) ou abaixo aumenta as chances de obtenção da temperatura de saída do tarugo preferível de 510,0 a 523,9°C (950 a 975°F) da extrusão. A resistência a tração final é, de preferência, pelo menos cerca de 282,7 megapascals - MPa (41 quilolibras por polegada quadrada - ksi) e o limite de resistência a tração é, de preferência, pelo menos cerca de 241,3 MPa (35 ksi).
20

Além das propriedades de tração, a trabalhabilidade foi avaliada para as extrusões. A figura 3 mostra o efeito da temperatura e do tempo de reaquecimento do tarugo na trabalhabilidade. Desse gráfico, observa-se que tempos de retenção mais longos e a temperatura de reaquecimento de
25 454,4°C (850°F) são nocivos à trabalhabilidade. Acima de tudo, o reaquecimento do tarugo a 426,7°C (800°F) para tempos de retenção inferiores a cerca de 5 minutos produziu melhor trabalhabilidade. Para entender o que está sendo afetado na microestrutura pelas várias condições de reaquecimento de tarugos, conduzida calorimetria diferencial de varredura (DSC). A
30 DSC é uma medida precisa do consumo ou liberação de energia por unidade de massa, durante aquecimento ou resfriamento de um material. As transformações de fase, tal como a mencionada acima de Sn em Mg₂Sn, podem

ser detectadas com essa técnica e o grau de variação de energia é uma função da fração volumétrica da fase presente. A figura 4 mostra a área de pico de DSC para a fase estanho (Sn) versus os resultados de trabalhabilidade. Aqui, pode-se observar que a maior área de pico, que ocorre quando o tarugo é reaquecido a cerca de 426,7°C (800°F) por menos do que cerca de 5 minutos, resulta em trabalhabilidade aperfeiçoada. No entanto, a diferença na área de pico entre a classificação C+ e uma classificação A é pequena, sugerindo de novo que a diferença microestrutural é sutil.

Antes da extrusão, o tarugo é colocado em um recipiente, com o recipiente tendo uma temperatura de cerca de 398,9°C (750°F). Para fins dessa invenção, um recipiente sob pressão de extrusão foi usado. O tarugo é então extrudado por extrusão direta ou indireta. A extrusão direta é um processo no qual uma matriz é mantida estacionária e um braço ou êmbolo móvel força o tarugo por ela. A extrusão indireta é um processo no qual o tarugo se mantém estacionário, enquanto a matriz se movimenta contra o tarugo, criando a pressão necessária para escoar o metal pela matriz. Para fins dessa invenção, a extrusão direta é a preferida. A matriz pode ser qualquer tipo de matriz usada para extrudar uma liga. Para fins dessa invenção, uma matriz de face plana de furo único foi usada. Uma razão de extrusão mais alta foi percebida com a matriz de furo único, porque há uma melhor oportunidade de "quebrar" e redistribuir a fase estanho de tamanho de grão grosseiro do tarugo. A razão de extrusão é a razão da área da seção transversal do tarugo para a seção transversal de extrusão. Usando-se uma matriz de face plana ou de cavidade rasa, impede-se o aquecimento significativo e evita-se a velocidade comprometedora. As matrizes de face plana e as matrizes de cavidades rasas não têm uma cavidade soldada, que propicie a soldagem conjunta das duas extrusões, na medida em que o metal escoar pela abertura da matriz. Isso resulta em menos trabalho e menos acúmulo térmico na medida em que o metal escoar pela abertura da matriz. As extrusões são feitas às velocidades que atingem temperaturas de saída de 510,0 a 546,1°C (950 a 1,015°F), de preferência, 537,8 a 546,1°C (1,000 a 1,015°F). Com base na transformação de estanho (Sn) em magnésio - estanho

(Mg_2Sn), partindo em torno de $498,9^\circ\text{C}$ (930°F), é preferível que a temperatura de saída seja acima de 510°C (950°F). No entanto, temperaturas em torno $537,8^\circ\text{C}$ ($1,000^\circ\text{F}$) são ainda mais desejáveis do ponto de vista de reverter qualquer transformação de Sn em Mg_2Sn , que tenha ocorrido ou durante o resfriamento de homogeneização do lingote ou durante o reaquecimento do tarugo.

As velocidades são medidas em metros por minuto - mpm (pés por minuto - fpm) e variam de cerca de 45,7 mpm (150 fpm) a cerca de 53,3 mpm (175 fpm), com uma velocidade preferível de cerca de 53,3 mpm (175 fpm). A figura 5 representa graficamente o limite de resistência em função da velocidade de extrusão e da localização. Isso demonstra que as propriedades aumentam da frente para trás. Uma vez que a temperatura de saída aumenta da frente para trás, para uma dada velocidade de extrusão e um conjunto de condições de temperatura, as baixas propriedades da extremidade frontal são uma consequência das baixas temperaturas de saída. O gráfico na figura 6 mostra um conjunto previsível de curvas para a temperatura de saída, em função da localização e da velocidade de extrusão do tarugo. A velocidade do produto variou de 30,5 a 60,9 mpm (100 a 200 fpm) por incrementos de 7,6 mpm (25 fpm). Com base nessa representação gráfica, velocidades de cerca de 45,7 mpm (150 fpm) a cerca de 53,3 mpm (175 fpm) vão gerar propriedades marginais na extremidade frontal do produto extrudado, devido às temperaturas de saída da extremidade frontal estarem acima da temperatura de 510°C (950°F) preferível. Por razões discutidas acima, as temperaturas de saída acima de 510°C (950°F) e, de preferência, em torno de $537,8^\circ\text{C}$ ($1,000^\circ\text{F}$) são desejadas para obtenção das propriedades máximas.

Uma vez que o tarugo tenha sido extrudado, o produto extrudado é então temperado. Para fins dessa invenção, o produto extrudado foi temperado por uso de uma têmpera de água de onda fixa. Uma onda fixa é uma parede de água de comprimento de vários metros (pés) e com uma altura suficiente para imergir completamente o produto extrudado. Bombas e tubos são usados para criar a onda e proporcionar um reabastecimento con-

tínuo de água fria. No entanto, qualquer processo de têmpera do produto extrudado, tal como têmpera com ar, pode ser usado. A velocidade na qual o produto extrudado é temperado pode ser em velocidades de até cerca de 60,9 mpm (200 fpm), mas uma velocidade em torno de cerca de 45,7 mpm (150 fpm) é preferida. Depois da têmpera do produto extrudado, este está preferivelmente a uma temperatura abaixo de cerca de 204,4°C (400°F). É necessário ir abaixo de cerca de 204,4°C (400°F), para atingir os níveis de resistência mecânica necessários. Após o produto extrudado ser temperado, é então esticado por pelo menos cerca de 1%. Para fins dessa invenção, foi usado um esticador de produto extrudado. No entanto, outros meios podem ser usados para esticar o produto extrudado. O esticamento do produto extrudado por esse percentual aumenta a produtividade dele. Finalmente, o produto extrudado é envelhecido artificialmente, de preferência, de entre cerca de 171,1°C (340°F) a cerca de 179,4°C (355°F), por cerca de 8 horas. O envelhecimento artificial é tipicamente conduzido em, mas não limitado a, um forno de envelhecimento em batelada. Os produtos extrudados são aquecidos no forno em batelada às temperaturas listadas acima. Esse processo é a etapa de processamento final, que é requerida para alcançar a resistência mecânica necessária. Esse processo é dependente de que todas as etapas de processamento anteriores sejam conduzidas corretamente.

Seguindo-se o processo descrito acima, produz-se um produto temperado sob pressão, inteiramente recristalizado, de grãos finos, que demonstra boas resistência mecânica e alongamento. É claramente capaz de satisfazer as propriedades mínimas da liga 6262-T6 com boa produtividade de prensa.

As concretizações tendo sido descritas atualmente, deve-se entender que a invenção pode ser representada diferentemente dentro do âmbito das reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de extrusão de um produto de liga de alumínio 6020 temperada sob pressão, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

- 5 (a) proporcionar um lingote ou tarugo de uma liga de alumínio 6020;
- (b) homogeneizar o dito tarugo;
- (c) resfriar o dito tarugo homogeneizado;
- (d) reaquecer o dito tarugo a uma temperatura na faixa de cerca
10 de 398,9°C (750°F) a cerca de 426,7°C (800°F) por menos que cerca de 5 minutos;
- (e) extrudar o dito tarugo a uma velocidade na faixa de cerca de 45,7 mpm (150 fpm) a cerca de 53,3 mpm (175 fpm) para fornecer uma extrusão tendo temperatura superior a (498,9°C) 930°F.
- 15 (f) temperar o dito produto extrudado;
- (g) esticar o dito produto extrudado; e
- (h) envelhecer artificialmente o dito produto extrudado.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita liga é de uma composição consistindo essencialmente em
20 cerca de 0,5 a cerca de 0,6% de silício, cerca de 0,7 a cerca de 0,8% de magnésio, cerca de 0,55 a cerca de 0,65% de cobre, cerca de 0,35 a cerca de 0,45% de ferro, cerca de 0,01 a cerca de 0,04% de manganês, cerca de 1,05 a cerca de 1,15% de estanho, cerca de 0,04 a cerca de 0,06% de cromo, não mais do que 0,034% de chumbo, o restante sendo essencialmente
25 alumínio e elementos e impurezas eventuais.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito reaquecimento é a uma temperatura na faixa de cerca de 412,8°C (775°F) a cerca de 426,7°C (800°F).

4. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo
30 fato de que o dito tarugo é colocado em um recipiente antes da extrusão, o dito recipiente tendo a temperatura de cerca de 398,9°C (750°F).

5. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

fato de que a dita velocidade é cerca de 53,3 mpm (175 fpm).

6. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito produto extrudado possui uma temperatura de cerca de 510°C (950°F) a cerca de 537,8°C (1000°F) após a dita extrusão.

5 7. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de extrusão fornece um produto extrudado de temperatura superior a cerca de 537,8°C (1000°F).

8. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita temperatura do dito produto extrudado está em uma faixa
10 compreendendo cerca de 93,3°C (200°F) a cerca de 176,7°C (350°F), após a dita têmpera.

9. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita têmpera compreende têmpera com ar ou água.

10. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado
15 pelo fato de que o dito produto extrudado é esticado por cerca de 1%.

11. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito envelhecimento artificial ocorre a uma temperatura na faixa de cerca de 171,1°C (340°F) a cerca de 179,4°C (355°F), por um período de tempo de cerca de 8 horas.

20 12. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito produto extrudado compreende uma barra, um bastão ou um fio metálico.

13. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito produto extrudado tem uma resistência à tração final
25 de pelo menos cerca de 282,7 MPa (41 ksi).

14. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito produto extrudado tem um limite de resistência à tração de pelo menos cerca de 241,3 MPa (35 ksi).

15. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado
30 pelo fato de que o dito produto extrudado tem uma resistência à tração final de pelo menos cerca de 282,7 MPa (41 ksi) e um limite de resistência a tração de pelo menos cerca de 241,3 MPa (35 ksi).

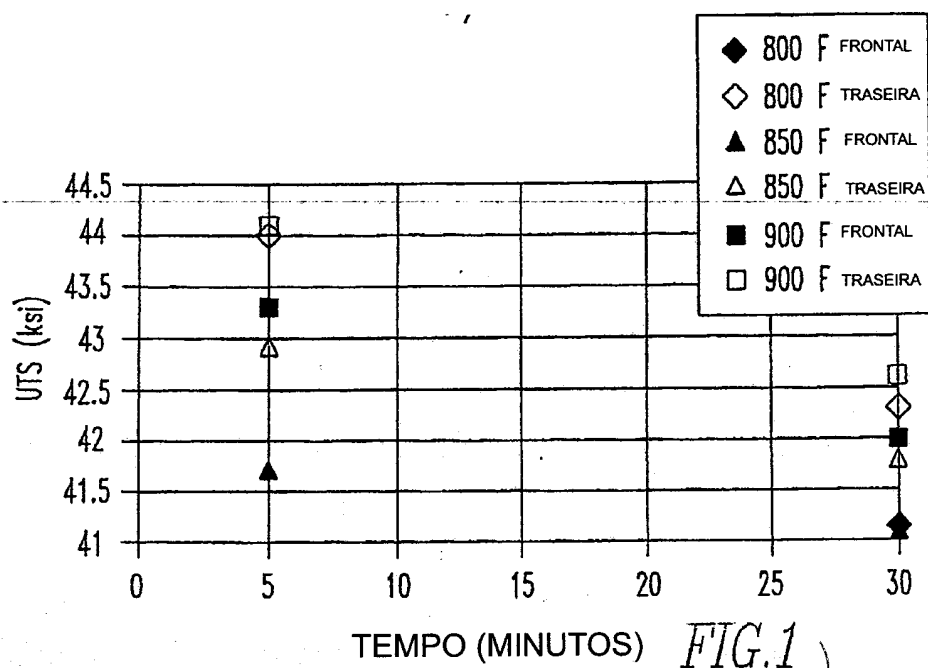


FIG.1

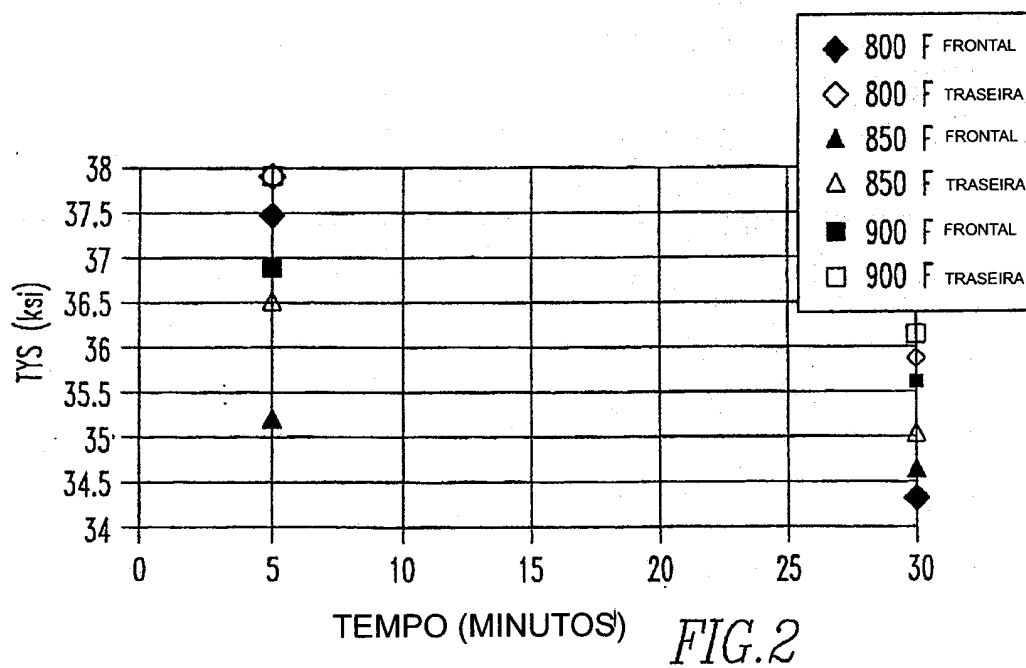
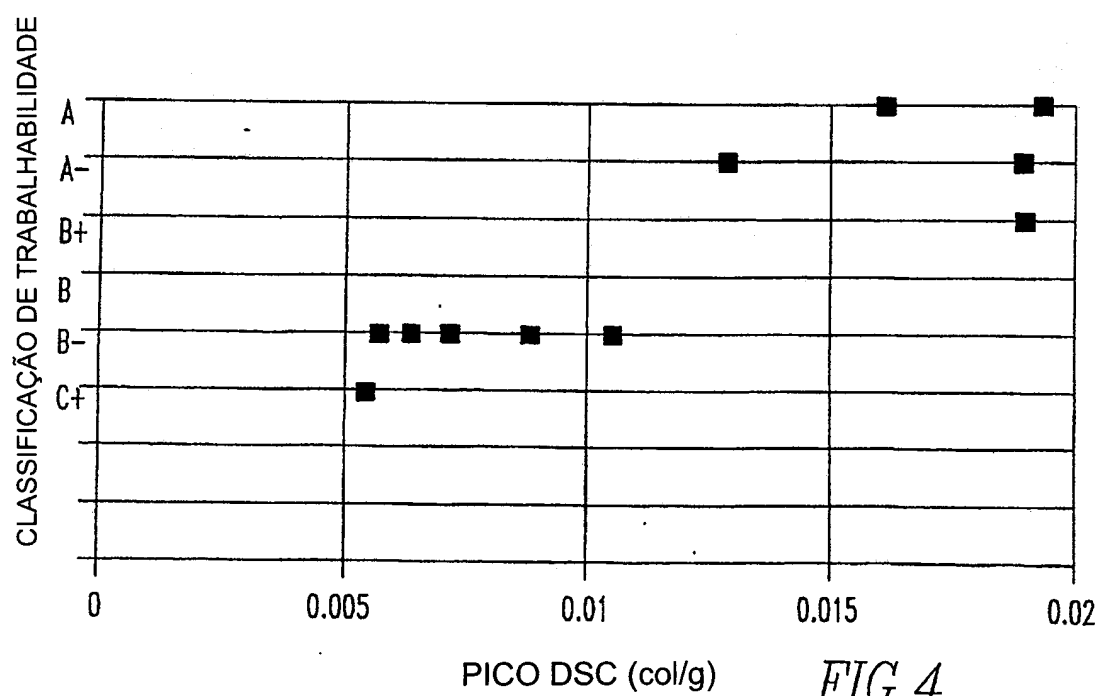
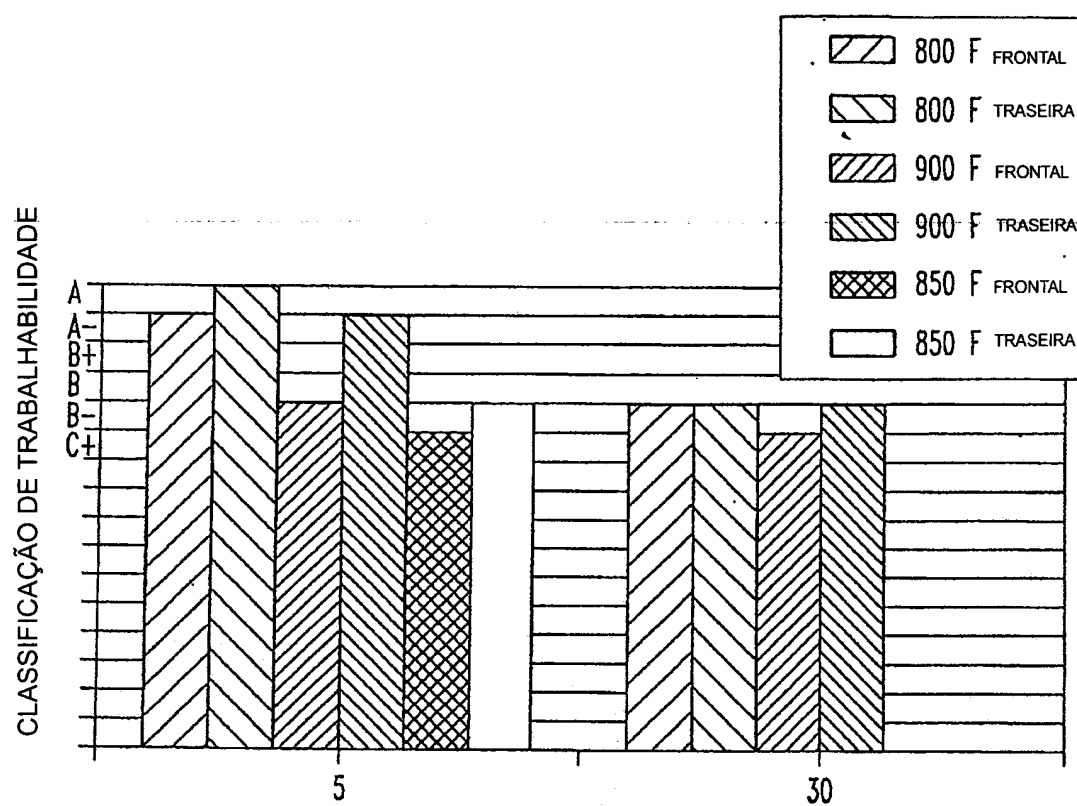
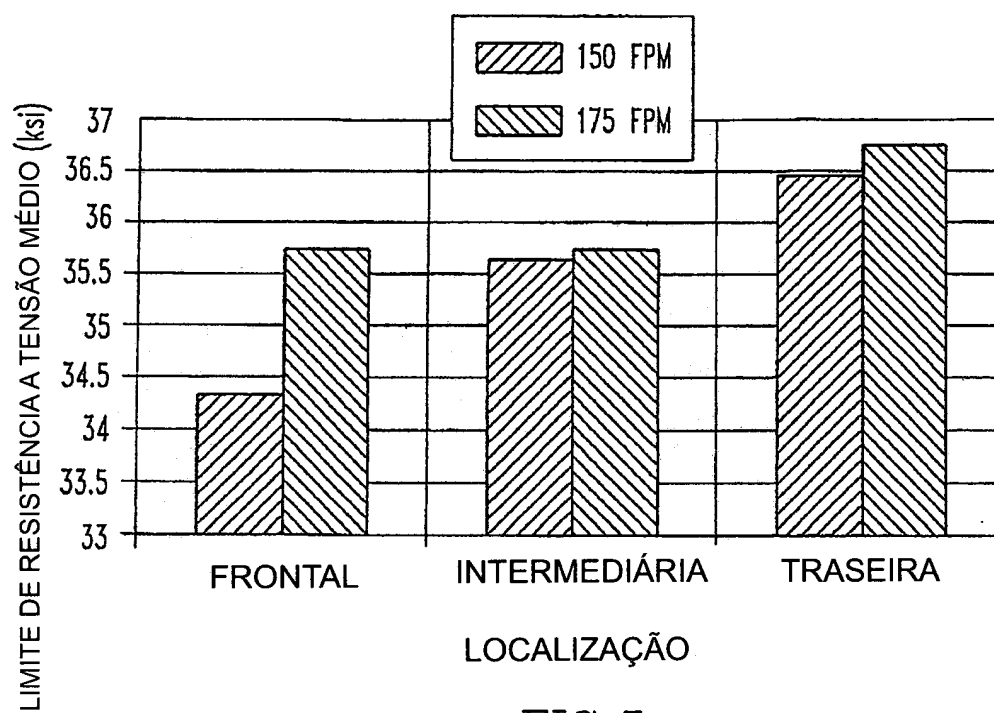
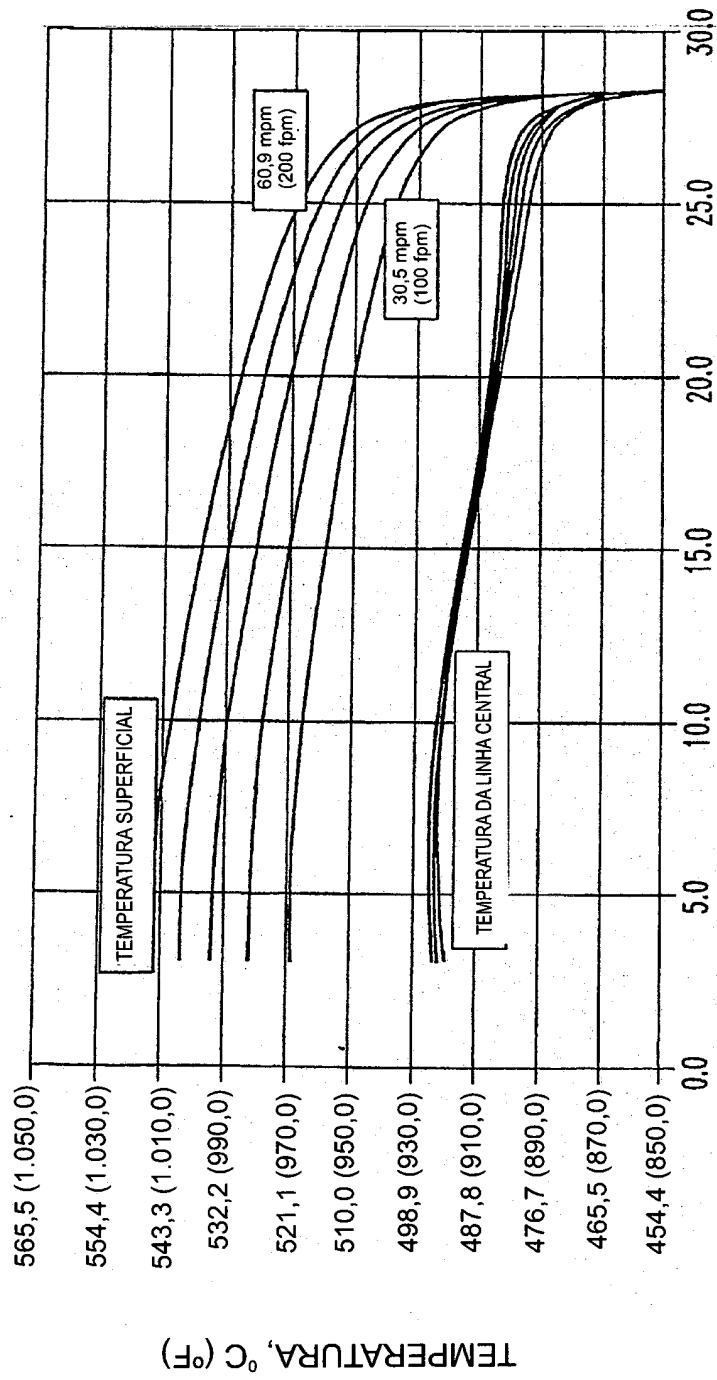


FIG.2



*FIG.5*



DESLOCAMENTO DO ÊMBOLO, CENTÍMETROS (POLEGADAS) DA FACE DA MATRIZ

FIG. 6

RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO DE EXTRUSÃO DE UM PRODUTO DE LIGA DE ALUMÍNIO 6020 TEMPERADA SOB PRESSÃO"**.

A presente invenção refere-se a um processo de produção de
5 um produto de liga de alumínio 6020 temperada sob pressão, compreendendo as etapas de: proporcionar um lingote ou tarugo de uma liga de alumínio 6020, consistindo essencialmente em cerca de 0,5 a cerca de 0,6% de silício, cerca de 0,7 a cerca de 0,8% de magnésio, cerca de 0,55 a cerca de 0,65% de cobre, cerca de 0,35 a cerca de 0,45% de ferro, cerca de 0,01 a
10 cerca de 0,04% de manganês, cerca de 1,05 a cerca de 1,15% de estanho, cerca de 0,04 a cerca de 0,06% de cromo; homogeneizar o tarugo; resfriar o tarugo; reaquecer o tarugo; extrudar o tarugo; temperar o produto extrudado; e envelhecer artificialmente o produto extrudado. A liga teve produtividade, resistência mecânica e trabalhabilidade otimizados e pode ser usada como
15 um substituto direto para a liga contendo chumbo 6262-T6.