



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

(21) **PI0707371-2 A2**



\* B R P I 0 7 0 7 3 7 1 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 31/01/2007  
(43) Data da Publicação: 03/05/2011  
(RPI 2104)

(51) *Int.Cl.:*  
B23K 20/12  
B23B 5/16

(54) Título: **FERRAMENTAS DE SOLDA DE AGITAÇÃO POR ATRITO COM ALTO DESEMPENHO**

(30) Prioridade Unionista: 21/08/2006 US 11/507.928,  
31/01/2006 US 60/764.003, 21/08/2006 US PCT/US2006/032654

(73) Titular(es): Genius Metal, Inc.

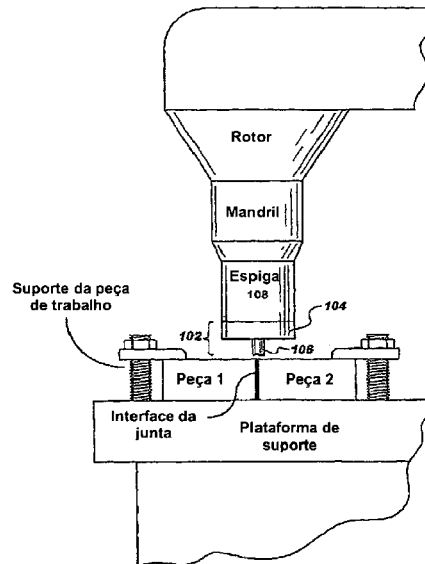
(72) Inventor(es): Shaiw-Rong Scott Liu

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007002719 de 31/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/089882 de 09/08/2007

(57) Resumo: FERRAMENTAS DE SOLDA DE AGITAÇÃO POR ATRITO COM ALTO DESEMPENHO. São apresentadas ferramentas de soldagem de fricção e agitação feitas de um metal duro incluindo partículas duras tendo um primeiro material e uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente.



"FERRAMENTAS DE SOLDA DE AGITAÇÃO POR ATRITO COM ALTO DESEMPENHO"

Esta solicitação reivindica o benefício da solicitação americana provisória nº 60/764.003 intitulada "High performance friction stir welding tools" e depositada em 31 de janeiro de 2006.

Esta solicitação reivindica ainda os benefícios de, e a continuação parcial das seguintes solicitações de patente:

11/507.928 intitulada "Hardmetal Materials for High-Temperature applications" depositada em 21 de agosto de 2006, que reivindica o benefício da solicitação provisória americana nr. 60/710.016 intitulada "Hardmetal Materials for High-Temperature applications" e depositada em 19 de agosto de 2005;

Nr. PCT/US 2006/034654 intitulada "Hardmetal Materials for High-Temperature applications" depositada em 21 de agosto de 2006; e

Nr. 11/081928 intitulada "High-Performance Hardmetal Materials" depositada em 15 de março de 2005, que é publicada como a publicação americana número US 2005-0191482-A1.

As apresentações das solicitações de patente acima e as publicações de patentes são incorporadas como referência como parte da especificação desta solicitação

#### ANTECEDENTES

Este pedido refere-se a composições de metal duro, suas técnicas de fabricação, e aplicações associadas.

Os metais duros incluem vários materiais de compósitos e são especialmente designados por serem duros e refratários, e exibirem forte resistência ao desgaste. Os exemplos de metais duros amplamente utilizados incluem carbetos ou carbonitretos cementados ou sinterizados, ou uma combinação de tais materiais. Alguns metais duros, chamados cermetes, têm composições que podem incluir partículas de cerâmica processadas (por exemplo, TiC) ligadas com partículas de metal aglutinadoras. Certas composições de metais duros têm sido documentadas na literatura técnica. Por exemplo, uma compilação abrangente das composições de metal duro é publicada em Brookes' World Dictionary and Handbook of Hardmetals, sexta edição, International Carbide Data, United Kingdom (1996).

Os metais duros podem ser empregados em uma variedade de aplicações. Os exemplos de aplicações incluem instrumentos de corte para cortar metais, pedras, e outros materiais duros, matrizes de trefilação, facas, instrumentos de mineração para cortar carvões e vários minérios e rochas, e instrumentos de perfuração para aplicações em petróleo e outras perfurações. Além disso, tais metais duros também podem ser empregados para construir alojamentos e camadas ou superfícies externas para vários dispositivos para alcançar as necessidades específicas das operações dos dispositivos ou das condições ambientais sob as quais os dispositivos operam.

Muitos metais duros podem ser formados primeiro dispersando-se as partículas duras, refratárias dos carbetos

e carbonitretos em uma matriz aglutinadora e em seguida pressionando e sinterizando a mistura. O processo de sinterização permite a matriz aglutinadora se aglutinar às partículas e condensar a mistura para formar os metais duros resultantes. As partículas duras principalmente contribuem com as propriedades duras e refratárias dos metais duros resultantes.

#### Sumário

Esta solicitação descreve projetos de cabeçotes de soldagem de fricção e agitação por atrito (FSW) e sistemas FSW associados que utilizam tais cabeçotes. Em várias implementações, um cabeçote FSW pode incluir um pino e um ombro no qual o pino é ligado. O cabeçote é ligado a uma haste a qual por seu lado é fixada a um rotor. O rotor gira a haste que gira o cabeçote durante a soldagem. Em operação, o cabeçote giratório é pressionado contra a interface de duas peças metálicas a serem soldadas em conjunto e é movido ao longo da interface. O pino e o ombro estão em contato direto com as duas peças para a soldagem conjunta das mesmas. Em algumas realizações, o pino e o ombro são feitos de um material de metal descrito nesta solicitação. Em outras implementações, as superfícies do pino e do ombro poderão ser feitas de um material descrito nesta solicitação, enquanto que as partes internas do pino e do ombro poderão ser feitas de um material diferente. Vários materiais descritos aqui apresentam uma dureza e uma rigidez elevada na temperatura elevada a que são submetidos o pino e o ombro durante a soldagem de fricção e agitação e assim sendo, podem ser utili-

zados para a fabricação do cabeçote.

Por exemplo, um cabeçote de ferramenta de soldagem de fricção e agitação descrito nesta solicitação inclui um ombro e um pino ligado no ombro. Pelo menos uma parte do ombro e do pino inclui um material descrito nesta solicitação. Este material pode incluir, pelo menos, (1) um primeiro material que inclui pelo menos um dos, ou uma combinação pelo menos de um carbureto, pelo menos um nitreto, pelo menos um boreto, e pelo menos um siliceto, e (2) um segundo material que liga o primeiro material e inclui rênio, uma mistura de rênio e cobalto, uma super liga com base em níquel, uma mistura de uma super liga com base em níquel e rênio, ou uma mistura de uma super liga com base em níquel, rênio e cobalto. O segundo material poderá também incluir Mo, W, Ta, ou Cr. Na implementação dos exemplos acima, o primeiro material poderá incluir pelo menos um carbureto escolhido pelo menos de um dos TaC, HfC, NbC, ZrC, TiC, WC, VC, Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, ThC<sub>2</sub>, Mo<sub>2</sub>C, SiC e B<sub>4</sub>C, ou pelo menos um nitreto escolhido pelo menos de um dos HfN, TaN, BN, ZrN, e TiN, ou pelo menos um boreto escolhido pelo menos de HfB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, TiB<sub>2</sub>, NbB<sub>2</sub>, e WB.

Os materiais de metal duro descritos abaixo incluem materiais compreendendo partículas duras tendo um primeiro material, e uma matriz aglutinadora tendo um segundo material diferente. As partículas duras são especialmente dispersas na matriz aglutinadora de um modo substancialmente uniforme. O primeiro material para as partículas duras pode incluir, por exemplo, materiais com base em carbeto de tungstênio, materiais com base em carbeto de titânio, mate-

riais com base em uma mistura de carbeto de tungstênio e carbeto de titânio, outros carbetos, nitretos, boretos, silicidas, e combinações destes materiais. O segundo material para a matriz aglutinadora pode incluir, entre outros, rênio, uma mistura de rênio e cobalto, uma superliga com base em níquel, uma mistura de uma superliga com base em níquel e rênio, uma mistura de uma superliga com base em níquel, rênio e cobalto, e esses materiais misturados com outros materiais. Tungstênio pode também ser empregado como um material de matriz em materiais de metal duro. A superliga com base em níquel pode estar na fase metalúrgica  $\gamma\text{-}\gamma'$ .

Em várias implementações, por exemplo, o volume do segundo material pode ser de cerca de 3% a cerca de 40% de um volume total do material. Para algumas aplicações, a matriz aglutinadora pode compreender rênio em uma quantidade em ou maior do que 25% de um peso total da matriz aglomerante do material final. Para outras aplicações, o segundo material pode incluir uma superliga com base em Ni. A superliga com base em Ni pode incluir Ni e outros elementos tal como Re para certas aplicações.

A fabricação dos materiais de metal de duro deste pedido pode ser realizada, de acordo com uma implementação, sinterizando-se a mistura do material sob uma condição de vácuo e realizando uma sinterização de fase sólida sob uma pressão aplicada através de um veículo de gás. Tais metais duros podem também ser revestido em superfícies empregando métodos de pulverização térmico para formar ou revestimentos de metal duro e estruturas de metal duro.

As vantagens originando-se de várias implementações dos materiais de metal duro descrito podem incluir um ou mais dos seguintes: dureza superior em geral, dureza realçada em alta temperatura, e resistência melhorada a corrosão e oxidação.

Várias implementações específicas descritas nesta solicitação são resumidas como se segue. O primeiro grupo de 265 implementações específicas é como se segue.

1. Material composto de:

10           partículas duras tendo um primeiro material; e  
uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume do referido segundo material sendo de cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio em uma  
15           quantidade maior do que 25% do peso total do material, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

2. Material conforme o item nr. 1 acima ou o item  
20           nr. 14 abaixo, onde o referido primeiro material inclui um carbureto composto de tungstênio.

3. Material conforme o item nr. 2 acima, onde o referido carbureto é composto de carbureto de mono tungstênio (WC).

25           4. Material conforme o item nr. 2 acima, onde o referido primeiro material inclui ainda outro carbureto tendo um elemento metálico diferente de tungstênio.

5. Material conforme o item nr. 4 acima, onde o

referido elemento metálico é titânio (Ti).

6. Material conforme o item nr. 4 acima, onde o referido elemento metálico é tântalo (Ta).

5 7. Material conforme o item nr. 4 acima, onde o referido elemento metálico é nióbio (Nb).

8. Material conforme o item nr. 4 acima, onde o referido elemento metálico é vanádio (V).

9. Material conforme o item nr. 4 acima, onde o referido elemento metálico é cromo (Cr).

10 10. Material conforme o item nr. 4 acima, onde o referido elemento metálico é ráfnio (Hf).

11. Material conforme o item nr. 4 acima, onde o referido elemento metálico é molibdênio (Mo).

15 12. Material conforme o item nr. 2 acima, onde o referido primeiro material inclui ainda um nitreto.

13. Material conforme o item nr. 2 ou 12 acima, onde o referido nitreto inclui TiN, ZrN, VN, NbN, TaN ou HfN.

14. Material, composto de:

20 partículas duras, compostas de um primeiro material que é composto de um nitreto; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume do referido segundo material sendo de cerca de 3% a cerca de 40% do volume do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

25

15. Material conforme o item nr. 14 acima, onde o referido nitreto inclui TiN, ZrN, VN, NbN, TaN ou HfN.

16. Material conforme o item nr. 1 acima, onde a referida matriz aglomerante inclui ainda cobalto (Co).

5 17. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume do referido segundo material sendo de cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio e de níquel (Ni), onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

15 18. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume do referido segundo material sendo de cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio e molibdênio (Mo), onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

25 19. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo ma-

terial diferente, o volume do referido segundo material sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio e ferro (Fe), onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

20. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

10 uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume do referido segundo material sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio e cromo (Cr), onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

21. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

20 uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume do referido segundo material sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio e uma super liga com base em Ni, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

22. Material conforme o item nr. 21 acima, onde o referido material aglomerante inclui ainda cobalto.

## 23. Material composto de:

partículas duras tendo um primeiro material tendo uma mistura escolhida pelo menos de um do grupo consistindo de (1) uma mistura de WC, TiC, e TaC, (2) uma mistura de WC, TiC, e NbC, (3) uma mistura de WC, TiC, e pelo menos um dos TaC e NbC, e (4) uma mistura de WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC; e

uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

## 24. Material composto de:

partículas duras tendo um primeiro material composto de um material escolhido pelo menos de um do grupo consistindo de (1) WC, TiC, e TaC, (2) WC, TiC, e NbC, (3) WC, TiC, e pelo menos um dos TaC e NbC, e (4) WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio e

uma super liga com base em Ni, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

## 25. Material composto de:

partículas duras tendo um primeiro material tendo uma mistura de  $\text{Mo}_2\text{C}$  e  $\text{TiC}$ ; e

uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo  
5 cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

10 26. Material composto de:

partículas duras tendo um primeiro material que é composto de  $\text{TiN}$ ,  $\text{Mo}_2\text{C}$  e  $\text{TiC}$ ; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante  
15 sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

20 27. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material que é composto de  $\text{Mo}_2\text{C}$  e  $\text{TiC}$ ; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante  
25 sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio e uma super liga com base em Ni, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglo-

merante de uma forma substancialmente uniforme.

28. Método composto de:

5 formação de um pó de qualidade, através da mistura de um pó de partículas duras com um material de matriz aglomerante composto de rênio;

o processamento do pó de qualidade para utilização do material da matriz aglomerante para ligar as partículas duras para produzir um material sólido de metal rígido, onde o processamento inclui (1) a sinterização do pó de qualidade  
10 em uma fase sólida sob condição de vácuo, e (2) a sinterização do pó de qualidade em uma fase sólida sob pressão em um meio de gás inerte.

29. Método conforme o item nr. 28 acima, onde o material de matriz aglomerante inclui ainda uma super liga  
15 com base em Ni.

30. Método conforme o item nr. 29 acima, onde o material de matriz aglomerante inclui ainda cobalto.

31. Método conforme o item nr. 28 acima, onde o material da matriz aglomerante inclui ainda cobalto.

20 32. Método conforme o item nr. 28 acima, onde cada sinterização é executada em uma temperatura abaixo da temperatura eutética das partículas duras do material da matriz aglomerante.

25 33. Material composto de partículas duras tendo um primeiro material; e uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, composto de uma super liga com base em níquel, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacial-

mente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

34. Material conforme os itens nr. 33 ou 47 acima, onde o referido primeiro material inclui um carbureto composto de tungstênio.

35. Material conforme o item nr. 34 acima, onde o referido carbureto é composto de carbureto de mono tungstênio (WC).

36. Material conforme o item nr. 34 acima, onde o referido primeiro material inclui ainda outro carbureto tendo um elemento metálico diferente de tungstênio.

37. Material conforme o item nr. 36 acima, onde o referido elemento metálico é titânio (Ti).

38. Material conforme o item nr. 36 acima, onde o referido elemento metálico é tântalo (Ta).

39. Material conforme o item nr. 36 acima, onde o referido elemento metálico é nióbio (Nb).

40. Material conforme o item nr. 36 acima, onde o referido elemento metálico é vanádio (V).

41. Material conforme o item nr. 36 acima, onde o referido elemento metálico é cromo (Cr).

42. Material conforme o item nr. 36 acima, onde o referido elemento metálico é ráfnio (Hf).

43. Material conforme o item nr. 36 acima, onde o referido elemento metálico é molibdênio (Mo).

44. Material conforme o item nr. 34 acima, onde o referido primeiro material inclui ainda um nitreto.

45. Material conforme o item nr. 34 ou 44 acima,

onde o referido nitreto inclui pelo menos um dos ZrN, HfN, VN, NbN, TaN e TiN.

46. Material conforme o item nr. 34 ou 44 acima, onde o referido primeiro material inclui um carbureto.

5 47. Material composto de:

partículas duras, compostas de um primeiro material que é composto de um nitreto; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em níquel, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

15 48. Material conforme o item nr. 47 acima, onde o referido nitreto inclui pelo menos um dos ZrN, VN, NbN, TaN, TiN e HfN.

49. Material conforme o item nr. 33 ou 47 acima, onde a referida super liga com base em níquel é composta principalmente de níquel e é também composta de outros elementos.

20 50. Material conforme o item nr. 49 acima, onde os referidos outros elementos incluem Co, Cr, Al, Ti, Mo, Nb, W, e Zr.

51. Material composto de:

25 partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente composto de uma super liga com base em níquel e uma segunda super liga diferente com base em níquel,

onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

5 52. Material conforme o item nr. 51 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de rênio.

53. Material conforme o item nr. 52 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de cobalto.

54. Material conforme o item nr. 33 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de rênio.

10 55. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, que é composto de uma super liga com base em níquel, rênio e cobalto, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

56. Material composto de:

20 partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em níquel e cobalto, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

57. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em níquel e níquel, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

58. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em níquel e ferro, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

59. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga de molibdênio com base em níquel, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

60. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em níquel e cromo, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de

uma forma substancialmente uniforme.

61. Material conforme o item nr. 33 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de outra liga que não é uma liga com base em níquel.

5 62. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material que é composto de TiC e TiN; e

uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente composto pelo menos de um dos Ni, Mo, e Mo<sub>2</sub>C, onde  
10 as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

63. Material composto de:

15 partículas duras compostas de um primeiro material que é composto de TiC; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, que é composto de Re e pelo menos um dos Ni, Mo, e Mo<sub>2</sub>C, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma  
20 forma substancialmente uniforme.

64. Material conforme o item nr. 63 acima, onde a referida matriz aglomerante inclui ainda Co.

65. Material conforme o item nr. 64 acima, onde a referida matriz aglomerante inclui ainda uma super liga com  
25 base em Ni.

66. Material conforme o item nr. 63 acima, onde a referida matriz aglomerante inclui ainda uma super liga com base em Ni.

67. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material que é composto de TiC e TiN; e

5 uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em Ni, e pelo menos um dos Ni, Mo, e Mo<sub>2</sub>C, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

68. Método composto de:

10 formação de um pó de qualidade através da mistura de um pó de partículas duras com um material de matriz aglomerante composto de uma super liga com base em níquel;

o processamento do pó de qualidade para a produção de um material sólido de metal rígido através do uso do material de matriz aglomerante para ligar as partículas duras.

15 69. Método conforme o item nr. 68 acima, onde o referido processamento inclui a execução em seqüência de uma operação de prensagem, uma primeira operação de sinterização, uma operação de formatação, e uma segunda operação de  
20 sinterização.

70. Método conforme o item nr. 68 acima, sendo ainda composto de: antes da mistura, preparação do material de matriz aglomerante para incluir ainda rênio.

25 71. Método conforme o item nr. 68 acima, sendo ainda composto de: antes da mistura, preparação do material de matriz aglomerante para incluir ainda cobalto.

72. Método conforme o item nr. 68 acima, onde o processamento inclui uma sinterização em fase sólida em um

processo de prensagem isostática a quente.

73. Método conforme o item nr. 68 acima, onde o processamento inclui (1) a sinterização do pó de qualidade em uma fase sólida sob condição de vácuo, e (2) a sinterização do pó de qualidade em uma fase sólida sob pressão em um meio de gás inerte.

74. Método conforme o item nr. 68 acima, sendo ainda composto de: antes da mistura, preparação das partículas duras com uma dimensão de partícula menor do que 0,5 microns para reduzir a temperatura das operações de sinterização.

75. Dispositivo, composto de uma peça de desgaste que remove material de um objeto, a referida peça de desgaste tendo um material que é composto de:

partículas duras tendo um primeiro material; e uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente composto de rênio e uma super liga com base em Ni, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

76. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde a referida matriz aglomerante inclui ainda cobalto.

77. Dispositivo, composto de uma peça de desgaste tendo um material que é composto de:

partículas duras tendo um primeiro material; e uma matriz aglomerante de um segundo material diferente composto de uma super liga com base em níquel, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente

na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

78. Material composto de:

partículas duras tendo um primeiro material escolhido pelo menos de um do grupo que consiste de (1) uma solução sólida de WC, TiC, e TaC, (2) uma solução sólida de WC, TiC, e NbC, (3) uma solução sólida de WC, TiC, e pelo menos um dos TaC e NbC, (4) uma solução sólida de WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC; e

10 uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente  
15 uniforme.

79. Material conforme os itens nr. 78 ou 87 acima, onde as partículas duras são compostas de WC, TiC, e TaC, e a matriz aglomerante é formada de Re puro.

20 80. Material conforme o item nr. 79 acima, onde as partículas duras são cerca de 72% de, e o Re é cerca de 28% do peso total do material.

81. Material conforme o item nr. 79 acima, onde as partículas duras são cerca de 85% de, e o Re é cerca de 15%  
25 do peso total do material.

82. Material conforme o item nr. 79 acima, onde TiC e TaC são aproximadamente iguais em quantidade e têm uma quantidade total menor do que a quantidade de WC.

83. Material conforme o item nr. 24 acima, onde as partículas duras são compostas de WC, TiC, e TaC.

84. Material conforme o item nr. 83 acima, onde cada um dos TiC e TaC é cerca de 3% a menos de cerca de 6% do peso total do material, e WC é mais de 78% e menos de 89% do peso total do material.

85. Material conforme o item nr. 83 acima, onde a matriz aglomerante inclui ainda Co.

86. Material conforme o item nr. 83 acima, onde a super liga com base em Ni é composta principalmente de Ni e outros elementos, incluindo Co, Cr, Al, Ti, Mo, Nb, W, Zr, B, C, e V.

87. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material escolhido pelo menos de um grupo consistindo de (1) WC, TiC, e TaC, (2) WC, TiC, e NbC, (3) WC, TiC, e pelo menos um dos TaC e NbC, e (4) WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo de cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

onde a matriz aglomerante inclui Re e uma super liga com base em Ni que inclui Re.

88. Material conforme o item nr. 21 acima, onde a referida super liga com base em Ni inclui Re.

89. Material conforme o item nr. 24 acima, onde a super liga com base em Ni inclui Re.

90. Material conforme o item nr. 21 ou 47 acima, onde a referida super liga com base em Ni inclui Re.

5            91. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em níquel, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme,

onde a referida super liga com base em Ni inclui Re.

15           92. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo material diferente que é composto de uma super liga com base em níquel, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme,

onde a referida super liga com base em Ni está em uma fase  $\gamma$ - $\gamma'$ .

25           93. Material composto de:

partículas duras compostas de um primeiro material; e

uma matriz aglomerante composta de um segundo ma-

terial diferente que é composto de uma super liga com base em níquel que é composta de níquel e outros elementos, os referidos outros elementos sendo compostos de Co, Cr, Al, Ti, Mo, Nb, W, Zr, e Re, onde as referidas partículas duras são dispersadas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

94. Material conforme o item nr. 17 acima, onde o referido primeiro material é composto de um boreto.

95. Material conforme o item nr. 95 acima, onde o referido boreto é um dos  $TiB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $HfB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $VB_2$ ,  $MoB_2$ ,  $WB$ , e  $W_2B$ .

96. Material conforme o item nr. 17 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

97. Material conforme o item nr. 96 acima, onde o referido silicileto é um dos  $TaSi_2$ ,  $WSi_2$ ,  $NbSi_2$ , e  $MoSi_2$ .

98. Material conforme o item nr. 17 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

99. Material conforme o item nr. 98 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos  $TiC$ ,  $ZrC$ ,  $HfC$ ,  $VC$ ,  $NbC$ ,  $TaC$ ,  $Cr_2C_3$ ,  $Mo_2C$ , e  $WC$ .

100. Material conforme o item nr. 17 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

101. Material conforme o item nr. 100, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos  $TiN$ ,  $ZrN$ ,  $HfN$ ,  $VN$ ,  $NbN$ , e  $TaN$ .

102. Material conforme o item nr. 100 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

103. Material conforme o item nr. 102 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

104. Material conforme o item nr. 102 acima, onde  
5 o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

105. Material conforme o item nr. 18 acima, onde o referido primeiro material é composto de um boreto.

106. Material conforme o item nr. 105 acima, onde  
10 o referido boreto é um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

107. Material conforme o item nr. 18 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

108. Material conforme o item nr. 107 acima, onde  
15 o referido silicileto é um dos TaSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>.

109. Material conforme o item nr. 18 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

110. Material conforme o item nr. 109 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC,  
20 ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

111. Material conforme o item nr. 18 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

112. Material conforme o item nr. 111 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN,  
25 HfN, VN, NbN, e TaN.

113. Material conforme o item nr. 111 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

114. Material conforme o item nr. 113 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

115. Material conforme o item nr. 113 acima, onde  
5 o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN.

116. Material conforme o item nr. 19 acima, onde o referido primeiro material é composto de carbureto.

117. Material conforme o item nr. 116 acima, onde  
10 o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

118. Material conforme o item nr. 19 acima, onde o referido primeiro material é composto de um boreto.

119. Material conforme o item nr. 118 acima, onde  
15 o referido boreto é um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

120. Material conforme o item nr. 19 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

121. Material conforme o item nr. 120 acima, onde  
20 o referido silicileto é um dos TaSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>.

122. Material conforme o item nr. 19 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

123. Material de acordo com o item nr. 122 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.  
25

124. Material de acordo com o item nr. 122 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

125. Material de acordo com o item nr. 124 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

5 126. Material de acordo com o item nr. 125 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

127. Material de acordo com o item nr. 20 acima, onde o referido primeiro material é composto de um boreto.

10 128. Material de acordo com o item nr. 127 acima, onde o referido boreto é um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

129. Material de acordo com o item nr. 20 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

15 130. Material de acordo com o item nr. 129 acima, onde o referido silicileto é um dos TaSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>.

20 131. Material de acordo com o item nr. 20 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

132. Material de acordo com o item nr. 131 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

25 133. Material de acordo com o item nr. 20 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

134. Material de acordo com o item nr. 133 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN,

ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

135. Material de acordo com o item nr. 133 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

5           136. Material de acordo com o item nr. 135 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

10           137. Material de acordo com o item nr. 135 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

138. Material de acordo com o item nr. 21 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

15           139. Material de acordo com o item nr. 138 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, Nbc, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

140. Material de acordo com o item nr. 21 acima, onde o referido primeiro material é composto de um boreto.

20           141. Material de acordo com o item nr. 140 acima, onde o referido boreto é um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

142. Material de acordo com o item nr. 21 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

25           143. Material de acordo com o item nr. 142 acima, onde o referido silicileto é um dos TaSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>.

144. Material de acordo com o item nr. 21 acima,

onde o referido primeiro material é composto de um nitreto.

145. Material de acordo com o item nr. 144 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

5 146. Material de acordo com o item nr. 144 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

147. Material de acordo com o item nr. 146 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos  
10 TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

148. Material de acordo com o item nr. 147 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

149. Material de acordo com o item nr. 22 acima,  
15 onde o referido primeiro material é composto de um boreto.

150. Material de acordo com o item nr. 149 acima, onde o referido boreto é um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

151. Material de acordo com o item nr. 22 acima,  
20 onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

152. Material de acordo com o item nr. 151 acima, onde o referido silicileto é um dos TaSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>.

25 153. Material de acordo com o item nr. 22 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

154. Material de acordo com o item nr. 153 acima,

onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

5 155. Material de acordo com o item nr. 22 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

156. Material de acordo com o item nr. 155 acima, onde o referido nitreto inclui pelo menos um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

10 157. Material de acordo com o item nr. 155 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

158. Material de acordo com o item nr. 157 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

15 159. Material de acordo com o item nr. 157 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

20 160. Material de acordo com o item nr. 24 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

161. Material de acordo com o item nr. 160 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

25 162. Material de acordo com o item nr. 24 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de cobalto (Co).

163. Material de acordo com o item nr. 24 acima, onde Re é cerca de 1,5% a cerca de 24,4% do peso total do

material, e a referida super liga com base em Ni é cerca de 0,86% a cerca de 4,88% do peso total do material, e

onde o primeiro material é composto de TiC que é cerca de 3% a cerca de 14,7% do peso total do material, TaC  
5 que é cerca de 3% a cerca de 6,2% do peso total do material, e WC que tem acima de cerca de 64% e abaixo de cerca de 88% do peso total do material.

164. Material de acordo com o item nr. 26 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de uma  
10 super liga com base em Ni.

165. Material de acordo com o item nr. 164 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de Co.

166. Material de acordo com o item nr. 27 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de Co.

15 167. Material de acordo com o item nr. 27 acima, onde o referido Re é cerca de 8,8% a cerca de 23,8% do peso total do material, e a referida super liga com base em Ni é cerca de 3,0% a cerca de 10,3% do peso total do material, e onde o referido Mo<sub>2</sub>C é cerca de 13,8% a cerca de 15,2% do  
20 peso total do material, e o referido TiC é cerca de 59,4% a cerca de 65,7% do peso total do material.

168. Material de acordo com o item nr. 47 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

25 169. Material de acordo com o item nr. 168 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

170. Material de acordo com o item nr. 168 acima,

onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

171. Material de acordo com o item nr. 49 acima, onde os referidos outros elementos são compostos de Cr, Co,  
5 Fe, Al, Ti, Mo, W, Nb, Ta, Hf, Zr, B, C, Re.

172. Material de acordo com o item nr. 51 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

173. Material de acordo com o item nr. 172 acima,  
10 onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

174. Material de acordo com o item nr. 50 acima, onde os referidos outros elementos são compostos de Fe, Ta, Hf, C, e Re.

15 175. Material de acordo com o item nr. 51 acima, onde o referido primeiro material é composto de um nitreto.

176. Material de acordo com o item nr. 55 acima, onde Re é cerca de 0,4% a cerca de 1,8% do peso total do material, a referida super liga com base em Ni é cerca de 3,7%  
20 a cerca de 4,5% do peso total do material, e o referido cobalto é cerca de 3% a cerca de 4,8% do peso total do material, e

onde o referido primeiro material é composto de WC que é cerca de 90,4% a cerca de 91,5% do peso total do material, e VC que é cerca de 0,3% a cerca de 0,6% do peso total  
25 do material.

177. Material de acordo com o item nr. 55 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um ni-

treto.

178. Material de acordo com o item nr. 55 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

5 179. Material de acordo com o item nr. 56 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

10 180. Material de acordo com o item nr. 179 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

181. Material de acordo com o item nr. 56 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

15 182. Material de acordo com o item nr. 57 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

183. Material de acordo com o item nr. 182 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

20 184. Material de acordo com o item nr. 57 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

25 185. Material de acordo com o item nr. 58, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

186. Material de acordo com o item nr. 185, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

187. Material de acordo com o item nr. 58, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

5 188. Material de acordo com o item nr. 59, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitrato.

189. Material de acordo com o item nr. 188, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

10 190. Material de acordo com o item nr. 59, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

15 191. Material de acordo com o item nr. 60, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitrato.

192. Material de acordo com o item nr. 191, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

20 193. Material de acordo com o item nr. 60, acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

194. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

25 195. Dispositivo conforme o item nr. 194 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

196. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um ni-

treto.

197. Dispositivo conforme o item nr. 196 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

5 198. Dispositivo conforme o item nr. 196 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

199. Dispositivo conforme o item nr. 198 acima, onde o referido primeiro material é composto de WC, TiC, TaC  
10 e Mo<sub>2</sub>C.

200. Dispositivo conforme o item nr. 198 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

201. Dispositivo conforme o item nr. 198 acima,  
15 onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

202. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um boreto.

20 203. Dispositivo conforme o item nr. 202 acima, onde o referido primeiro material é composto pela menos de um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

204. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto pelo menos  
25 de um boreto e pelo menos um carbureto.

205. Dispositivo conforme o item nr. 204 acima, onde o referido primeiro material é composto de WC, TiC, TaC, e B<sub>4</sub>C.

206. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

207. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido primeiro material é composto pelo menos de um  
5 dos  $TaSi_2$ ,  $WSi_2$ ,  $NbSi_2$ , e  $MoSi_2$ .

208. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido Re tem cerca de 9,04% a cerca de 9,32% do peso total do material, e a referida super liga com base em Ni tem cerca de 3,53% a cerca de 3,64% do peso total do material, e  
10

onde o referido primeiro material é composto de WC com cerca de 67,24% a cerca de 69,40% do peso total do material, TiC tem cerca de 6,35% a cerca de 6,55% do peso total do material, TaC tem cerca de 6,24% a cerca de 6,44% de,  
15  $TiB_2$  tem cerca de 0,40% a cerca de 7,39% do peso total do material, e  $B_4C$  tem cerca de 0,22% a cerca de 4,25% do peso total do material.

209. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde o referido Re tem cerca de 8,96% a cerca de 9,37% do peso total do material, e a referida super liga com base em Ni tem cerca de 3,50% a cerca de 3,66% do peso total do material, e  
20

onde o referido primeiro material é composto de WC com cerca de 58,61% a cerca de 66,67% do peso total do material, TiC tem cerca de 14,69% a cerca de 15,37% do peso total do material, TaC tem cerca de 6,19% a cerca de 6,47% do peso total do material, e  $Mo_2C$  tem 0 a cerca de 6,51% do peso total do material.  
25

210. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de Ni.

211. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de Fe.

5           212. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de Mo.

213. Dispositivo conforme o item nr. 75 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de Cr.

10           214. Dispositivo conforme o item nr. 83 acima, onde a super liga com base em Ni é composta principalmente de Ni e outros elementos que são compostos de Cr, Co, Fe, Al, Ti, Mo, W, Nb, Ta, Hf, Zr, B, C, Re.

215. Material conforme o item nr. 91 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

15           216. Material conforme o item nr. 215 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

217. Material conforme o item nr. 91 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

20           218. Material conforme o item nr. 217 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

25           219. Material conforme o item nr. 217 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

220. Material conforme o item nr. 219 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

221. Material conforme o item nr. 91 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um boreto.

222. Material conforme o item nr. 221 acima, onde o referido primeiro material é composto pela menos de um dos  
5.  $TiB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $HfB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $VB_2$ ,  $MoB_2$ ,  $WB$ , e  $W_2B$ .

223. Material conforme o item nr. 91 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto pelo menos de um boreto e pelo menos de um carbureto.

224. Material conforme o item nr. 223 acima, onde  
10 o referido primeiro material é composto de  $WC$ ,  $TiC$ ,  $TaC$ , e  $B_4C$ .

225. Material conforme o item nr. 91 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

226. Material conforme o item nr. 225 acima, onde  
15 o referido silicileto é composto pelo menos de um dos  $TaSi_2$ ,  $WSi_2$ ,  $NbSi_2$ , e  $MoSi_2$ .

227. Material conforme o item nr. 91 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de  $Ni$ .

228. Material conforme o item nr. 91 acima, onde a  
20 referida matriz aglomerante é ainda composta de  $Fe$ .

229. Material conforme o item nr. 91 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de  $Mo$ .

230. Material conforme o item nr. 91 acima, onde a referida matriz aglomerante é ainda composta de  $Cr$ .

25 231. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

232. Material conforme o item nr. 231 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos  $TiC$ ,

ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

233. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

234. Material conforme o item nr. 233 acima, onde  
5 o referido nitreto é composto de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

235. Material conforme o item nr. 233 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

10 236. Material conforme o item nr. 235 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

237. Material conforme o item nr. 235 acima, onde o referido nitreto é composto pela menos de um dos TiN, ZrN,  
15 HfN, VN, NbN, e TaN.

238. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um boreto.

239. Material conforme o item nr. 238 acima, onde o referido primeiro material é composto pelo menos de um dos  
20 TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

240. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

241. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido primeiro material é composto de um dos TaSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>,  
25 NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>.

242. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido segundo material é ainda composto pelo menos de Re, Ni, Co, Fe, Mo, e Cr.

243. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido segundo material é ainda composto pelo menos de outra super liga diferente com base em Ni.

244. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o  
5 referido primeiro material é composto de WC com cerca de 91,9% a cerca de 92,5% do peso total do material, e VC com cerca de 0,3 a cerca de 0,6% do peso total do material, e onde a super liga com base em Ni tem cerca de 7,2% a cerca de 7,5% do peso total do material.

10 245. Material conforme o item nr. 92 acima, onde o referido primeiro material é composto de TiC e Mo<sub>2</sub>C que têm 69,44% e 16,09% do peso total do material, respectivamente, e onde a super liga com base em Ni tem cerca de 14,47% do peso total do material.

15 246. Material conforme o item nr. 93 acima, onde o referido primeiro material é composto de um carbureto.

247. Material conforme o item nr. 246 acima, onde o referido carbureto é composto pelo menos que um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

20 248. Material conforme o item nr. 93 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um nitreto.

249. Material conforme o item nr. 248 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

25 250. Material conforme o item nr. 249 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um carbureto.

251. Material conforme o item nr. 250 acima, onde

o referido carbureto é composto pelo menos de um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>C, e WC.

252. Material conforme o item nr. 250 acima, onde o referido nitreto é composto pelo menos de um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, e TaN.

253. Material conforme o item nr. 93 acima, onde o referido primeiro material é ainda composto de um boreto.

254. Material conforme o item nr. 253 acima, onde o referido primeiro material é composto pelo menos de um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B.

255. Material conforme o item nr. 93 acima, onde o referido primeiro material é composto de um silicileto.

256. Material conforme o item nr. 93 acima, onde o referido primeiro material é composto pelo menos de um dos TaSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>.

257. Material conforme o item nr. 93 acima, onde o referido segundo material é ainda composto pelo menos de um dos Re, Ni, Co, Fe, Mo, e Cr.

258. Material conforme o item nr. 93 acima, onde o referido segundo material é ainda composto pelo menos de outra super liga diferente com base em Ni.

259. Material conforme o item nr. 93 acima, onde os referidos outros elementos e na referida super liga com base em níquel são ainda compostos de Fe, Ta, Hf, B, e C.

260. Método composto de:

preparação de uma superfície metálica para um processo de pulverização térmica;

e

a execução do processo de pulverização térmica para revestir uma camada de metal duro sobre a superfície metálica,

onde a camada de metal duro é composta de:

5 partículas duras tendo um primeiro material, e  
uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume do referido segundo material sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio em uma quantidade  
10 maior do que 25% do peso total do material, onde as referidas partículas duras são dispersas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

261. Método composto de:

preparação de uma superfície metálica para um processo de pulverização térmica;

e

a execução do processo de pulverização térmica para revestir uma camada de metal duro sobre a superfície metálica,

20 onde a camada metálica dura é composta de:

partículas duras tendo um primeiro material tendo uma mistura escolhida pelo menos de um grupo consistindo de (1) uma mistura de WC, TiC, e TaC, (2) uma mistura de WC, TiC, e NbC, (3) uma mistura de WC, TiC, e pelo menos um dos  
25 TaC e NbC, e (4) uma mistura de WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC; e

uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo

cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente  
5 uniforme.

262. Método composto de:

preparação de uma superfície metálica para um processo de pulverização térmica;

e

10 a execução do processo de pulverização térmica para revestir uma camada de metal duro sobre a superfície metálica,

onde a camada metálica dura é composta de:

partículas duras tendo um primeiro material e ten-

15 do uma mistura de  $\text{Mo}_2\text{C}$  e  $\text{TiC}$ ; e

uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as  
20 referidas partículas duras são dispersas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

263. Método composto de:

preparação de uma superfície metálica para um  
25 processo de pulverização térmica;

e

a execução do processo de pulverização térmica para revestir uma camada de metal duro sobre a superfície

metálica,

onde a camada metálica dura é composta de:  
partículas duras tendo um primeiro material; e  
uma matriz aglomerante tendo um segundo material  
5 diferente, composto de uma super liga com base em níquel,  
onde as referidas partículas duras são dispersas espacial-  
mente na referida matriz aglomerante de uma forma substanci-  
almente uniforme.

264. Método composto de:

10 preparação de uma superfície metálica para um  
processo de pulverização térmica;

e

a execução do processo de pulverização térmica  
para revestir uma camada de metal duro sobre a superfície

15 metálica,

onde a camada metálica dura é composta de:

partículas duras tendo um primeiro material com-  
posto de TiC e TiN; e

uma matriz aglomerante tendo um segundo material  
20 diferente, composto pelo menos de um dos Ni, Mo, e Mo<sub>2</sub>C,  
onde as referidas partículas duras são dispersas espacial-  
mente na referida matriz aglomerante de uma forma substanci-  
almente uniforme.

265. Método composto de:

25 preparação de uma superfície metálica para um  
processo de pulverização térmica;

e

a execução do processo de pulverização térmica

para revestir uma camada de metal duro sobre a superfície metálica,

onde a camada metálica dura é composta de:

partículas duras tendo um primeiro material escolhido pelo menos de um do grupo consistindo de (1) uma solução sólida de WC, TiC, e TaC, (2) uma solução sólida de WC, TiC, e NbC (3) uma solução sólida de WC, TiC, e pelo menos um dos TaC e NbC, e (4) uma solução sólida de WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC; e

uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente, o volume da referida matriz aglomerante sendo cerca de 3% a cerca de 40% do volume total do material, a referida matriz aglomerante sendo composta de rênio, onde as referidas partículas duras são dispersas espacialmente na referida matriz aglomerante de uma forma substancialmente uniforme.

Adicionalmente, um segundo grupo de 288 implementações específicas descritas nesta solicitação é como se segue:

1. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um carbureto escolhido pelo menos de um dos WC, TiC, e HfC; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras composta de rênio,

onde as partículas duras representam menos de 75% do peso total do material e o rênio representa mais de 25% do peso total do material.

2. Material conforme o item nr. 1 acima, onde pelo

menos um carbureto é TiC que tem mais de cerca de 26% do peso total do material ou o rênio que tem menos de cerca de 74% do peso total do material.

3. Material conforme o item nr. 1 acima, onde pelo menos um carbureto é WC que tem mais de cerca de 53% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de 47% do peso total do material.

4. Material conforme o item nr. 1 acima, onde pelo menos um carbureto é HfC que tem mais de cerca de 48% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de 52% do peso total do material.

5. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um carbureto escolhido de carburetos que são formados a partir de elementos das colunas IVb, VB, e VIb da Tabela Periódica de Elementos, exclusive WC, TiC, e HfC; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras composta de rênio,

onde as partículas duras tem menos de 75% do peso total do material e o rênio tem entre 4% e 72% do peso total do material.

6. Material conforme o item nr. 5 acima, onde pelo menos um carbureto é ZrC que tem mais de cerca de 32% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de 68% do peso total do material.

7. Material conforme o item nr. 5 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem mais de cerca de 28% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de

72% do peso total do material.

8. Material conforme o item nr. 5 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem mais de cerca de 36% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de 5 64% do peso total do material.

9. Material conforme o item nr. 5 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem mais de cerca de 51% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de 49% do peso total do material.

10 10. Material conforme o item nr. 5 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem mais de cerca de 32% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de 68% do peso total do material.

11. Material conforme o item nr. 5 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem mais de cerca de 39% do peso total do material, e o rênio que tem menos de cerca de 61% do peso total do material.

12. Material composto de:  
partículas duras compostas pelo menos de um nitreto dos nitretos das colunas IVB e Vb da Tabela Periódica; e  
20 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras composta de rênio, onde o rênio tem entre cerca de 4% a cerca de 72% do peso total do material.

13. Material conforme o item nr. 12 acima, onde pelo menos um nitreto é o TiN que tem entre cerca de 28% a 25 cerca de 89% do peso total do material.

14. Material conforme o item nr. 12 acima, onde pelo menos um nitreto é o ZrN que tem entre cerca de 34% a

cerca de 92% do peso total do material, e o rênio que tem entre cerca de 8% a cerca de 66% do peso total do material.

15 15. Material conforme o item nr. 12 acima, onde pelo menos um nitreto é o HfN que tem entre cerca de 50% a cerca de 96% do peso total do material, e o rênio que tem entre cerca de 4% a cerca de 50% do peso total do material.

10 16. Material conforme o item nr. 12 acima, onde pelo menos um nitreto é o VN que tem entre cerca de 30% a cerca de 91% do peso total do material, e o rênio que tem entre cerca de 9% a cerca de 70% do peso total do material.

17. Material conforme o item nr. 12 acima, onde pelo menos um nitreto é o NbN que tem entre cerca de 34% a cerca de 92% do peso total do material, e o rênio que tem entre cerca de 8% a cerca de 66% do peso total do material.

15 18. Material conforme o item nr. 12 acima, onde pelo menos um nitreto é o TaN que tem entre cerca de 51% a cerca de 96% do peso total do material, e o rênio que tem entre cerca de 4% a cerca de 49% do peso total do material.

20 19. Material composto de:  
partículas duras compostas pelo menos de um nitreto dos nitretos das colunas IVB e Vb da Tabela Periódica; e uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em Ni que tem entre cerca de 1,7% a cerca de 50% do peso total do material.  
25 al.

20. Material conforme o item nr. 19 acima, onde pelo menos um nitreto é o TiN que tem entre cerca de 50% a cerca de 96% do peso total do material e a super liga com

base em Ni que tem entre cerca de 4% a cerca de 50% do peso total do material.

21. Material conforme o item nr. 19 acima, onde pelo menos um nitreto é o ZrN que tem entre cerca de 58% a  
5 cerca de 97% do peso total do material e a super liga com base em Ni que tem entre cerca de 3% a cerca de 42% do peso total do material.

22. Material conforme o item nr. 19 acima, onde pelo menos um nitreto é o HfN que tem entre cerca de 72% a  
10 cerca de 98,2% do peso total do material e a super liga com base em Ni que tem entre cerca de 1,8% a cerca de 28% do peso total do material.

23. Material conforme o item nr. 19 acima, onde pelo menos um nitreto é o VN que tem entre cerca de 53% a  
15 cerca de 96% do peso total do material e a super liga com base em Ni que tem entre cerca de 4% a cerca de 47% do peso total do material.

24. Material conforme o item nr. 19 acima, onde pelo menos um nitreto é o NbN que tem entre cerca de 52% a  
20 cerca de 97% do peso total do material e a super liga com base em Ni que tem entre cerca de 3% a cerca de 42% do peso total do material.

25. Material conforme o item nr. 19 acima, onde pelo menos um nitreto é o TaN que tem entre cerca de 73% a  
25 cerca de 98,3% do peso total do material e a super liga com base em Ni que tem entre cerca de 1,7% a cerca de 27% do peso total do material.

26. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVb, VB e VIb na Tabela Periódica; e

5 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras composta de rênio e de uma super liga com base em Ni,

onde as partículas duras têm entre cerca de 26,1% a cerca de 98,4% do peso total do material.

27. Material conforme o item nr. 26 acima, onde pelo menos um carbureto é o TiC que tem entre cerca de 26,1%  
10 a cerca de 95,1% do peso total do material, o rênio que não tem mais do que cerca de 73,6% do peso total do material, e a super liga com base em Ni que não tem mais do que cerca de 51,1% do peso total do material.

28. Material conforme o item nr. 26 acima, onde  
15 pelo menos um carbureto é o ZrC que tem entre cerca de 32% a cerca de 96% do peso total do material, o rênio que não tem mais do que cerca de 67,7% do peso total do material, e a super liga com base em Ni que não tem mais do que cerca de 44,1% do peso total do material.

20 29. Material conforme o item nr. 26 acima, onde pelo menos um carbureto é o HfC que tem entre cerca de 47,7% a cerca de 98,1% do peso total do material, o rênio que não tem mais do que cerca de 52,1% do peso total do material, e a super liga com base em Ni que não tem mais do que cerca de  
25 29,2% do peso total do material.

30. Material conforme o item nr. 26 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem entre cerca de 28,3% a cerca de 95,6% do peso total do material, o rênio que não

tem mais do que cerca de 71,5% do peso total do material, e a super liga com base em Ni que não tem mais do que cerca de 48,4% do peso total do material.

5 31. Material conforme o item nr. 26 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem entre cerca de 36% a cerca de 96,9% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 63,8% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 39,9% ou menos do peso total do material.

10 32. Material conforme o item nr. 26 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem entre cerca de 51% a cerca de 98,3% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 48,8% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 26,5% ou menos do peso  
15 total do material.

33. Material conforme o item nr. 26 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 32,4% a cerca de 96,4% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 67,3% ou menos do peso total do material, e a super  
20 liga com base em Ni que tem cerca de 43,6% ou menos do peso total do material.

34. Material conforme o item nr. 26 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem entre cerca de 39,6% a cerca de 97,3% do peso total do material, o rênio  
25 que tem cerca de 60,2% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 36,3% ou menos do peso total do material.

35. Material conforme o item nr. 26 acima, onde

pelo menos um carbureto é o WC que tem entre cerca de 52,9% a cerca de 98,4% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 46,9% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 25% ou menos do peso total do material.

36. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um nitreto dos nitretos das colunas IVb e Vb na Tabela Periódica; e uma matriz aglomerante que liga as partículas duras composta de rênio e uma super liga com base em Ni, onde as partículas duras têm entre cerca de 28% a cerca de 98,3% do peso total do material.

37. Material conforme o item nr. 36 acima, onde pelo menos um nitreto é o TiN que tem cerca de 28% a cerca de 95,6% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 71,7% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 48,7% ou menos do peso total do material.

38. Material conforme o item nr. 36 acima, onde pelo menos um nitreto é o ZrN que tem cerca de 34,5% a cerca de 96,7% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 65,3% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 41,4% ou menos do peso total do material.

39. Material conforme o item nr. 36 acima, onde pelo menos um nitreto é o HfN que tem cerca de 49,8% a cerca de 98,2% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 50% ou menos do peso total do material, e a super liga com

base em Ni que tem cerca de 27,5% ou menos do peso total do material.

40. Material conforme o item nr. 36 acima, onde pelo menos um nitreto é o VN que tem cerca de 30% a cerca de 5 96% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 69,6% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 46,2% ou menos do peso total do material.

41. Material conforme o item nr. 36 acima, onde 10 pelo menos um nitreto é o NbN que tem cerca de 34,4% a cerca de 96,7% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 65,3% ou menos do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem cerca de 41,5% ou menos peso total do ma-  
terial.

42. Material conforme o item nr. 36 acima, onde 15 pelo menos um nitreto é o TaN que tem cerca de 50,7% a cerca de 98,3% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 49,1% ou menos do peso total do material, a super liga com base em níquel que tem cerca de 26,8% ou menos do peso total  
20 do material.

43. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVb Vb, e VIb da Tabela Periódica; e

25 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e cobalto,

onde as partículas duras têm cerca de 26,1% a cerca de 98,2% do peso total do material.

44. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o TiC que tem cerca de 26,1% a cerca de 94,6% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 73,6% ou menos do peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 54,1% ou menos do peso total do material.

45. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o ZrC que tem cerca de 32% a cerca de 96% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 67,7% ou menos do peso total do material, e cobalto que tem cerca de 47,1% ou menos do peso total do material.

46. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o HfC que tem cerca de 47,6% a cerca de 97,8% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 52,1% ou menos do peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 31,8% ou menos do peso total do material.

47. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 28,3% a cerca de 95,1% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 71,4% ou menos do peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 51,5% ou menos do peso total do material.

48. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem cerca de 36% a cerca de 96,5% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 63,8% ou menos peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 42,8% ou menos do peso total do material.

49. Material conforme o item nr. 43 acima, onde

pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 51% a cerca de 98% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 48,8% ou menos do peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 28,9% ou menos do peso total do material.

5                   50. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 32,4% a cerca de 96% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 67,3% ou menos do peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 46,6% ou menos do peso total do material.

10                   51. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 39,6% a cerca de 97% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 60,2% ou menos do peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 39,2% ou menos do peso total do material.

15                   52. Material conforme o item nr. 43 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 52,9% a cerca de 98,2% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 46,9% ou menos do peso total do material, e o cobalto que tem cerca de 27,4% ou menos do peso total do material.

20                   53. Material composto de:  
partículas duras compostas pelo menos de um nitreto dos nitretos das colunas IVb e Vb na Tabela Periódica; e  
uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e cobalto,

25                   onde as partículas duras têm cerca de 28% a cerca de 98% do peso total do material.

54. Material conforme o item nr. 53 acima, onde pelo menos um nitreto é o TiN que tem cerca de 28% a cerca

de 95% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 71,6% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 51,7% do peso total do material.

55. Material conforme o item nr. 53 acima, onde  
5 pelo menos um nitreto é o ZrN que tem cerca de 34,5% a cerca de 96,3% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 65,3% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 44,4% do peso total do material.

56. Material conforme o item nr. 53 acima, onde  
10 pelo menos um nitreto é o HfN que tem cerca de 49,8% a cerca de 98% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 50% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 30% do peso total do material.

57. Material conforme o item nr. 53 acima, onde  
15 pelo menos um nitreto é o VN que tem cerca de 30% a cerca de 95,5% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 69,6% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 49,3% do peso total do material.

58. Material conforme o item nr. 53 acima, onde  
20 pelo menos um nitreto é o NbN que tem cerca de 34,4% a cerca de 96,3% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 65,3% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 44,5% do peso total do material.

59. Material conforme o item nr. 53 acima, onde  
25 pelo menos um nitreto é o TaN que tem cerca de 50,7% a cerca de 98% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 49,1% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 29,2% do peso total do material.

60. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVb, Vb e VIb na Tabela Periódica; e

5                   uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em Ni e cobalto, onde as partículas duras têm cerca de 45% a cerca de 98% do peso total do material.

61. Material conforme o item nr. 60 acima, onde  
10 pelo menos um carbureto é o TiC que tem cerca de 45% a cerca de 95% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 51,5% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 54,5% do peso total do material.

15                   62. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o ZrC que tem cerca de 52% a cerca de 96% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 44,4% do peso total do material, e cobalto que tem até cerca de 47,4% do peso total do material.  
20 al.

63. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o HfC que tem cerca de 68% a cerca de 98% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 29% do peso total do material, e o  
25 cobalto que tem até cerca de 32% do peso total do material.

64. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 48% a cerca de 96% do peso total do material, a super liga com base em

Ni que tem até cerca de 49% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 52% do peso total do material.

65. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem cerca de 57% a cerca  
5 de 97% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 40% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 43% do peso total do material.

66. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 71% a cerca  
10 de 98% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 27% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 29% do peso total do material.

67. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 53% a  
15 cerca de 96% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 67,3% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 44% do peso total do material.

68. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 60% a cerca  
20 de 97% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 36,5% do peso total do material, e o cobalto que tem até 39% do peso total do material.

69. Material conforme o item nr. 60 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 72% a cerca  
25 de 98% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 46,9% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 27,5% do peso total do materi-

al.

70. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um nitreto dos nitretos das colunas IVb e Vb na Tabela Periódica; e

5 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em Ni e cobalto, onde as partículas duras têm cerca de 47% a cerca de 98% do peso total do material.

71. Material conforme o item nr. 70 acima, onde  
10 pelo menos um nitreto é o TiN que tem cerca de 47% a cerca de 96% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 49% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 52% do peso total do material.

72. Material conforme o item nr. 70 acima, onde  
15 pelo menos um nitreto é o ZrN que tem cerca de 55% a cerca de 97% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 42% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 45% do peso total do material.

73. Material conforme o item nr. 70 acima, onde  
20 pelo menos um nitreto é o HfN que tem cerca de 70% a cerca de 98% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 31% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 27% do peso total do material.

74. Material conforme o item nr. 70 acima, onde  
25 pelo menos um nitreto é o VN que tem cerca de 50% a cerca de 96% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 53% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 44% do peso total do material.

75. Material conforme o item nr. 70 acima, onde pelo menos um nitreto é o NbN que tem cerca de 55% a cerca de 97% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 47% do peso total do material, e o  
5 cobalto que tem até cerca de 40% do peso total do material.

76. Material conforme o item nr. 70 acima, onde pelo menos um nitreto é o TaN que tem cerca de 70% a cerca de 98% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 30% do peso total do material, e o  
10 cobalto que tem até cerca de 26% do peso total do material.

77. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVb, Vb, e VIb na Tabela Periódica; e

15 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, uma super liga com base em Ni e cobalto,

onde as partículas duras têm cerca de 26% a cerca de 98,3% do peso total do material.

20 78. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o TiC que tem cerca de 26% a cerca de 95% do peso total do material, o rênio que tem cerca de 73,6% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 51,3% do peso total do material, e o  
25 cobalto que tem até cerca de 54,3% do peso total do material.

79. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o ZrC que tem cerca de 32% a cerca

de 96% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 67,7% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 44,2% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 47,2% do peso total do material.

80. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o HfC que tem cerca de 48% a cerca de 98% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 52,1% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 29,3% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 31,8% do peso total do material.

81. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 28% a cerca de 96% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 71,5% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 48,6% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 51,7% do peso total do material.

82. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem cerca de 36% a cerca de 97% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 63,8% do peso total do material, e a super liga com base em Ni que tem até cerca de 40% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 43% do peso total do material.

83. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 51% a cerca

de 98,3% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 48,8% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 26,6% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 29% do peso total do material.

84. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 32% a cerca de 96% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 67,3% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 43,8% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 46,8% do peso total do material.

85. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 39% a cerca de 97% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 60,2% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 36,4% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 39,3% do peso total do material.

86. Material conforme o item nr. 77 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 53% a cerca de 98% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 46,9% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 25,1% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 27,5% do peso total do material.

87. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um nitre-

to dos nitretos das colunas IVb e Vb na Tabela Periódica; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, uma super liga com base em Ni, e cobalto,

5                   onde as partículas duras têm cerca de 28% a cerca de 98,3% do peso total do material.

88. Material conforme o item nr. 87 acima, onde pelo menos um nitreto é o TiN que tem cerca de 28% a cerca de 96% do peso total do material, o rênio que tem até cerca  
10 de 71,6% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 48,8% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 51,9% do peso total do material.

89. Material conforme o item nr. 87 acima, onde  
15 pelo menos um nitreto é o ZrN que tem cerca de 34% a cerca de 97% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 65,3% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 41,6% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 44,6% do peso total do material.  
20 al.

90. Material conforme o item nr. 87 acima, onde pelo menos um nitreto é o HfN que tem cerca de 50% a cerca de 98% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 50% do peso total do material, a super liga com base em  
25 Ni que tem até cerca de 27,5% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 30% do peso total do material.

91. Material conforme o item nr. 87 acima, onde pelo menos um nitreto é o VN que tem cerca de 30% a cerca de

96% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 60% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 46,4% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 49% do peso total do material.

5           92. Material conforme o item nr. 87 acima, onde pelo menos um nitreto é o NbN que tem cerca de 34% a cerca de 97% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 65% do peso total do material, a super liga com base em Ni que tem até cerca de 42% do peso total do material, e o  
10 cobalto que tem até cerca de 45% do peso total do material.

          93. Material conforme o item nr. 87 acima, onde pelo menos um nitreto é o TaN que tem cerca de 51% a cerca de 98,3% do peso total do material, o rênio que tem até cerca de 49% do peso total do material, a super liga com base  
15 em Ni que tem até cerca de 27% do peso total do material, e o cobalto que tem até cerca de 29% do peso total do material.

          94. Material composto de:

          partículas duras compostas de WC e TiC que tem  
20 cerca de 40% a cerca de 96%, e cerca de 0,3 a cerca de 21% do peso total do material, respectivamente; e

          uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem cerca de 4% a cerca de 54% do peso total do material.

25           95. Material composto de:

          partículas duras compostas de WC que tem cerca de 44% a cerca de 96% e TaC até cerca de 21% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem cerca de 4% a cerca de 48% do peso total do material.

96. Material composto de:

5 partículas duras compostas de WC, TiC e TaC que tem cerca de 36% a cerca de 95%, até cerca de 22%, e até cerca de 25% do peso total do material, respectivamente; e

10 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem cerca de 4% a cerca de 48% do peso total do material.

97. Material composto de:

partículas duras compostas de WC e TiC que tem cerca de 60% a cerca de 98%, e até cerca de 25% do peso total do material, respectivamente; e

15 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem cerca de 1,5% a cerca de 31% do peso total do material.

98. Material composto de:

20 partículas duras compostas de WC e TaC que tem cerca de 63% a cerca de 98%, e até cerca de 26% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem cerca de 1,5% a cerca de 26% do peso total do material.

25 99. Material composto de:

partículas duras compostas de WC, TiC e TaC que tem cerca de 51% a cerca de 98%, até cerca de 23%, e até cerca de 26% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem cerca de 1,5% a cerca de 26% do peso total do material.

100. Material composto de:

5 partículas duras compostas de WC e TiC que tem cerca de 40% a cerca de 98%, e até cerca de 24% do peso total do material, respectivamente; e

10 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 52% e 29% do peso total do material, respectivamente.

101. Material composto de:

15 partículas duras compostas de WC e TaC que tem cerca de 44% a cerca de 98%, e até cerca de 24% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 47% e cerca de 25% do peso total do material, respectivamente.

20 102. Material composto de:

partículas duras compostas de WC, TiC e TaC, que tem cerca de 40% a cerca de 98%, até cerca de 23%, e até cerca de 26% do peso total do material, respectivamente; e

25 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 53% e cerca de 30% do peso total do material, respectivamente.

103. Material composto de:

partículas duras compostas de WC e TiC, que tem cerca de 40% a cerca de 98%, e até cerca de 23% do peso total do material, respectivamente; e

5 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e cobalto que tem até cerca de 53% e cerca de 31% do peso total do material, respectivamente.

104. Material composto de:

partículas duras compostas de WC e TaC que tem cerca de 44% a cerca de 98%, e até cerca de 24% do peso total do material, respectivamente; e

10 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e cobalto que tem até cerca de 47% e cerca de 28% do peso total do material, respectivamente.

105. Material composto de:

15 partículas duras compostas de WC, TiC e TaC que tem cerca de 40% a cerca de 98%, até cerca de 23%, e até cerca de 26% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e cobalto que tem até cerca de 53% e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente.

106. Material composto de:

partículas duras compostas de WC e TiC que tem cerca de 58% a cerca de 98%, e até cerca de 24% do peso total do material, respectivamente; e

25 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de cobalto e de uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 33% e cerca de 29% do peso total do material, respectivamente.

107. Material composto de:

partículas duras compostas de WC e TaC que tem cerca de 61% a cerca de 98%, e até cerca de 24% do peso total do material, respectivamente; e

5           uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de cobalto e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 28% e cerca de 25% do peso total do material, respectivamente.

108. Material composto de:

10           partículas duras compostas de WC, TiC e TaC que tem cerca de 57% a cerca de 98%, até cerca de 23%, e até cerca de 26% do peso total do material, respectivamente; e

15           uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de cobalto e de uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 33% e cerca de 30% do peso total do material, respectivamente.

109. Material composto de:

20           partículas duras compostas de WC e TiC que tem cerca de 40% a cerca de 98%, e até cerca de 24% do peso total do material, respectivamente; e

25           uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de cobalto e que tem até cerca de 32% do peso total do material, rênio e uma super liga com base em níquel que tem cerca de 54% a cerca de 29% do peso total do material, respectivamente.

110. Material composto de:

partículas duras compostas de WC e TaC que tem cerca de 45% a cerca de 98%, e até cerca de 24% do peso to-

tal do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de cobalto com até cerca de 28% do peso total do material, e rênio e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 47% e cerca de 26% do peso total do material, respectivamente.

111. Material composto de:

partículas duras compostas de WC, TiC e TaC que tem cerca de 35% a cerca de 93%, até cerca de 25%, e até cerca de 26% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de cobalto com até cerca de 44% do peso total do material, rênio e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 65% e cerca de 41% do peso total do material, respectivamente.

112. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC que tem cerca de 19% a cerca de 88% do peso total do material e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 38% do peso total do material; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio tendo cerca de 9,5 a cerca de 65% do peso total do material.

113. Material composto de:

partículas duras compostas de TiN que tem cerca de 21% a cerca de 89% do peso total do material e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 36% do peso total do material; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio tendo cerca de 9% a cerca de 63%

do peso total do material.

114. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC até cerca de 84% do peso total do material, TiN até cerca de 85% do peso total do material, e Mo<sub>2</sub>C até cerca de 36% do peso total do material; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio com cerca de 9% a cerca de 64% do peso total do material.

10 115. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC tendo cerca de 83% do peso total do material, TiN tendo até cerca de 85% do peso total do material, Mo<sub>2</sub>C tendo até cerca de 25% do peso total do material, WC tendo até cerca de 39% do peso total do material, TaC tendo até cerca de 30% do peso total do material, VC tendo até cerca de 11% do peso total do material, e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> tendo até cerca de 16% do peso total do material; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio tendo cerca de 6% a cerca de 65% do peso total do material.

116. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC e Mo<sub>2</sub>C que tem cerca de 30% a cerca de 90% e até cerca de 40% do peso total do material, respectivamente; e

25 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem cerca de 4% a cerca de 41% do peso total do material.

117. Material composto de:

partículas duras compostas de TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 91% e até cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

5 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem cerca de 4% a cerca de 38% do peso total do material.

118. Material composto de:

10 partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem cerca de 4% a cerca de 40% do peso total do material.

119. Material composto de:

15 partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que tem até cerca de 90%, cerca de 90%, cerca de 25%, cerca de 42%, e cerca de 36% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> tendo até cerca de 14% e 18% do peso total do material, respectivamente. e

20 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem cerca de 2% a cerca de 40% do peso total do material.

120. Material composto de:

25 partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas du-

ras e é composta de rênio e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 64% e cerca de 40% do peso total do material, respectivamente.

121. Material composto de:

5 partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que tem até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%, cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 64% e cerca de 40% do peso total do material, respectivamente.

15 122. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

20 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e níquel, que tem até cerca de 64% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

123. Material composto de:

25 partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que tem até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%, cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e níquel, que tem até cerca de 64% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

124. Material composto de:

5 partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e cobalto e que tem até cerca de 64% e cerca de 43% do peso total do material, respectivamente.  
10 te.

125. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que tem até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%,  
15 cerca de 42%, e cerca de 32% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio e cobalto que tem até cerca de 64% e cerca de 43% do peso total do material, respectivamente.  
20

126. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso  
25 total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel e cobalto e que tem até cerca de 40% e cerca de 43% do peso to-

tal do material, respectivamente.

127. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que tem até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%,  
5 cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel e cobalto que tem até cerca de 40% e cerca de 43% do peso total do material, respectivamente.

128. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que  
15 tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel que tem até cerca de 40% e cerca de 43% do peso total do material, respectivamente.

129. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que tem até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%,  
cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de  
25 VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas du-

ras e é composta de uma super liga com base em níquel e níquel que tem até cerca de 40% e cerca de 43% do peso total do material, respectivamente.

130. Material composto de:

5 partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

10 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, uma super liga com base em níquel e cobalto e que tem até cerca de 64%, cerca de 40% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

131. Material composto de:

15 partículas duras compostas de TiC, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que tem até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%, cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

20 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, uma super liga com base em níquel e cobalto que tem até cerca de 63%, cerca de 39% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

132. Material composto de:

25 partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que tem até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, uma super liga com base em níquel

e níquel que tem até cerca de 63%, cerca de 40% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

133. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que constituem até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%, cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

10 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, uma super liga com base em níquel e níquel que tem até cerca de 63%, cerca de 39% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

134. Material composto de:

15 partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que têm até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, níquel e cobalto e que tem até 20 cerca de 63%, cerca de 42% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

135. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que têm até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%, 25 cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, e as partículas duras são ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e que é composta de rênio, níquel e cobalto, que contém até cerca de 63%, cerca de 42% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

5           136. Material composto de:

partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que têm até cerca de 90%, cerca de 91% e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

10           uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel, níquel e cobalto, que tem até cerca de 40%, cerca de 42% e cerca de 43% do peso total do material, respectivamente.

137. Material composto de:

15           partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que têm até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%, cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

20           uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de uma super liga com base em níquel, níquel e cobalto, que tem até cerca de 40%, cerca de 42% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

138. Material composto de:

25           partículas duras compostas de TiC, TiN e Mo<sub>2</sub>C que têm até cerca de 90%, cerca de 91%, e cerca de 38% do peso total do material, respectivamente; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas du-

ras e é composta de rênio, uma super liga com base em níquel, níquel e cobalto e que tem até cerca de 63%, cerca de 39%, cerca de 42% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

5                   139. Material composto de:

                  partículas duras compostas de TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C, WC, e TaC que têm até cerca de 89%, cerca de 90%, cerca de 26%, cerca de 42%, e cerca de 33% do peso total do material, respectivamente, as partículas duras sendo ainda compostas de  
10 VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> com até cerca de 16% e 18% do peso total do material, respectivamente; e

                  uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, uma super liga com base em níquel, níquel e cobalto, que tem até cerca de 63%, cerca de  
15 39%, cerca de 42% e cerca de 42% do peso total do material, respectivamente.

                  140. Material composto de:

                  partículas duras compostas pelo menos de um boreto dos boretos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica; e  
20                   uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, onde o rênio tem cerca de 4% a cerca de 76% do peso total do material.

                  141. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o TiB<sub>2</sub> que tem cerca de 24% a cerca  
25 de 87,5% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 12,5% a cerca de 76% do peso total do material.

                  142. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o ZrB<sub>2</sub> que tem cerca de 30% a cerca

de 90,5% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 9,5% a cerca de 70% do peso total do material.

143. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{HfB}_2$  que tem cerca de 44,5% a cerca de 94,5% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 5,5% a cerca de 55,5% do peso total do material.

144. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{VB}_2$  que tem cerca de 27% a cerca de 89% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 11% a cerca de 73% do peso total do material.

145. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{NbB}_2$  que tem cerca de 34% a cerca de 92% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 8% a cerca de 66% do peso total do material.

146. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{TaB}_2$  que tem cerca de 47% a cerca de 95% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 5% a cerca de 53% do peso total do material.

147. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{Cr}_3\text{B}_2$  que tem cerca de 30,5% a cerca de 90,5% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 9,5% a cerca de 69,5% do peso total do material.

148. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{MoB}_2$  que tem cerca de 36% a cerca de 92,5% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 7,5% a cerca de 64% do peso total do material.

149. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{WB}$  que tem cerca de 53% a cerca de

96% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 4% a cerca de 47% do peso total do material.

150. Material conforme o item nr. 140 acima, onde pelo menos um boreto é o  $W_2B$  que tem cerca de 53% a cerca de 5 96% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 4% a cerca de 47% do peso total do material.

151. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um silicileto dos siliciletos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela 10 Periódica; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio, onde o rênio tem cerca de 6% a cerca de 77% do peso total do material.

152. Material conforme o item nr. 151 acima, onde 15 pelo menos um silicileto é o  $Ti_5Si_3$  que tem cerca de 23% a cerca de 87% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 13% a cerca de 77% do peso total do material.

153. Material conforme o item nr. 151 acima, onde 20 pelo menos um silicileto é o  $Zr_6Si_5$  que tem cerca de 28% a cerca de 90% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 10% a cerca de 72% do peso total do material.

154. Material conforme o item nr. 151 acima, onde 25 pelo menos um silicileto é o  $NbSi_2$  que tem cerca de 31% a cerca de 91% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 9% a cerca de 69% do peso total do material.

155. Material conforme o item nr. 151 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $TaSi_2$  que tem cerca de 38% a cerca de 93% do peso total do material, e o rênio que tem

cerca de 7% a cerca de 62% do peso total do material.

156. Material conforme o item nr. 151 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{MoSi}_2$  que tem cerca de 31% a cerca de 91% do peso total do material, e o rênio que tem  
5 cerca de 9% a cerca de 69% do peso total do material.

157. Material conforme o item nr. 151 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{WSi}_2$  que tem cerca de 40% a cerca de 94% do peso total do material, e o rênio que tem cerca de 6% a cerca de 60% do peso total do material.

10 158. Material composto de:  
partículas duras; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de tungstênio.

159. Material conforme o item nr. 158 acima, onde  
15 as partículas duras são compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica e o tungstênio que tem cerca de 4% a cerca de 72% do peso total do material.

160. Material conforme o item nr. 159 acima, onde  
20 pelo menos um carbureto é o  $\text{TiC}$  que tem cerca de 28% a cerca de 89% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 11% a cerca de 72% do peso total do material.

161. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{ZrC}$  que tem cerca de 34% a cerca  
25 de 92% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 8% a cerca de 66% do peso total do material.

162. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{HfC}$  que tem cerca de 50% a cerca

de 96% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 4% a cerca de 50% do peso total do material.

163. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 30% a cerca  
5 de 90% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 10% a cerca de 70% do peso total do material.

164. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem cerca de 38% a cerca  
10 de 93% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 7% a cerca de 62% do peso total do material.

165. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 53% a cerca  
de 96% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 4% a cerca de 47% do peso total do material.

15 166. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é ou  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 34% a  
cerca de 92% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 8% a cerca de 66% do peso total do material.

20 167. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 41% a cer-  
ca de 94% do peso total do material, e o tungstênio a que tem cerca de 6% a cerca de 59% do peso total do material.

25 168. Material conforme o item nr. 159 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 55% a cerca  
de 96% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 4% a cerca de 45% do peso total do material.

169. Material conforme o item nr. 158 acima, onde as partículas duras são compostas pelo menos de um nitreto

dos nitretos das colunas IVB e VB na Tabela Periódica e o tungstênio tem cerca de 4% a cerca de 72% do peso total do material.

170. Material conforme o item nr. 169 acima, onde  
5 pelo menos um nitreto é o TiN que tem cerca de 28% a cerca de 89% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 11% a cerca de 72% do peso total do material.

171. Material conforme o item nr. 169 acima, onde  
10 pelo menos um nitreto é o ZrN que tem cerca de 36% a cerca de 92% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 8% a cerca de 64% do peso total do material.

172. Material conforme o item nr. 169 acima, onde  
15 pelo menos um nitreto é o HfN que tem cerca de 52% a cerca de 96% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 4% a cerca de 48% do peso total do material.

173. Material conforme o item nr. 169 acima, onde  
pelo menos um nitreto é o VN que tem cerca de 32% a cerca de 91% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 9% a cerca de 68% do peso total do material.

20 174. Material conforme o item nr. 169 acima, onde pelo menos um nitreto é o NbN que tem cerca de 36% a cerca de 92% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 8% a cerca de 64% do peso total do material.

25 175. Material conforme o item nr. 169 acima, onde pelo menos um nitreto é o TaN que tem cerca de 53% a cerca de 96% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 4% a cerca de 47% do peso total do material.

176. Material conforme o item nr. 158 acima, onde

as partículas duras são compostas pelo menos de um boreto dos boretos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica e o tungstênio tem cerca de 3% a cerca de 74% do peso total do material.

5           177. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $TiB_2$  que tem cerca de 26% a cerca de 88% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 12% a cerca de 74% do peso total do material.

10           178. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $ZrB_2$  que tem cerca de 32% a cerca de 91% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 9% a cerca de 68% do peso total do material.

15           179. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $HfB_2$  que tem cerca de 46% a cerca de 95% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 5% a cerca de 54% do peso total do material.

20           180. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $VB_2$  que tem cerca de 28% a cerca de 90% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 10% a cerca de 72% do peso total do material.

          181. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $NbB_2$  que tem cerca de 36% a cerca de 92% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 8% a cerca de 64% do peso total do material.

25           182. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $TaB_2$  que tem cerca de 49% a cerca de 95% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 5% a cerca de 51% do peso total do material.

183. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto e o  $\text{Cr}_3\text{B}_2$  que tem cerca de 32% a cerca de 91% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 9% a cerca de 68% do peso total do material.

5 184. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{MoB}_2$  que tem cerca de 38% a cerca de 93% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 7% a cerca de 62% do peso total do material.

10 185. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o WB que tem cerca de 55% a cerca de 96% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 4% a cerca de 45% do peso total do material.

15 186. Material conforme o item nr. 176 acima, onde pelo menos um boreto é o  $\text{W}_2\text{B}$  que tem cerca de 56% a cerca de 97% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 3% a cerca de 44% do peso total do material.

20 187. Material conforme o item nr. 158 acima, onde as partículas duras são compostas pelo menos de um silicileto dos siliciletos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica e o tungstênio tem cerca de 6% a cerca de 75% do peso total do material.

25 188. Material conforme o item nr. 187 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{Ti}_5\text{Si}_3$  que tem cerca de 25% a cerca de 88% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 12% a cerca de 75% do peso total do material.

189. Material conforme o item nr. 187 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{Zr}_6\text{Si}_5$  que tem cerca de 30% a cerca de 90% do peso total do material, e o tungstênio que

tem cerca de 10% a cerca de 70% do peso total do material.

190. Material conforme o item nr. 187 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{NbSi}_2$  que tem cerca de 33% a cerca de 91% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 9% a cerca de 67% do peso total do material.

191. Material conforme o item nr. 187 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{TaSi}_2$  que tem cerca de 40% a cerca de 93% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 7% a cerca de 60% do peso total do material.

192. Material conforme o item nr. 187 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{MoSi}_2$  que tem cerca de 31% a cerca de 91% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 9% a cerca de 67% do peso total do material.

193. Material conforme o item nr. 187 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $\text{WSi}_2$  que tem cerca de 42% a cerca de 94% do peso total do material, e o tungstênio que tem cerca de 6% a cerca de 58% do peso total do material.

194. Material conforme o item nr. 158 acima, onde o material da matriz aglomerante é ainda composto de rênio, além de tungstênio.

195. Material conforme o item nr. 194 acima, onde as partículas duras são compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica, e

onde o rênio tem menos de cerca de 73% e o tungstênio tem menos de cerca de 72% do peso total do material.

196. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{TiC}$  que tem cerca de 26% a cerca

de 89% do peso total do material.

197. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o ZrC que tem cerca de 32% a cerca de 92% do peso total do material.

5            198. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o HfC que tem cerca de 48% a cerca de 95% do peso total do material.

10           199. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 28% a cerca de 90% do peso total do material.

200. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem cerca de 36% a cerca de 93% do peso total do material.

15           201. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 51% a cerca de 96% do peso total do material.

202. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 32% a cerca de 92% do peso total do material.

20           203. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 39% a cerca de 94% do peso total do material.

25           204. Material conforme o item nr. 195 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 53% a cerca de 96% do peso total do material.

205. Material conforme o item nr. 194 acima, onde as partículas duras são compostas pelo menos de um nitreto dos nitretos das colunas IVB e VB na Tabela Periódica, e

onde o rênio tem menos de cerca de 71% e o tungstênio tem menos de cerca de 70% do peso total do material.

206. Material conforme o item nr. 205 acima, onde pelo menos um nitreto é o TiN que tem cerca de 28% a cerca  
5 de 90% do peso total do material.

207. Material conforme o item nr. 205 acima, onde pelo menos um nitreto é o ZrN que tem cerca de 34% a cerca de 92% do peso total do material.

208. Material conforme o item nr. 205 acima, onde  
10 pelo menos um nitreto é o HfN que tem cerca de 50% a cerca de 96% do peso total do material.

209. Material conforme o item nr. 205 acima, onde pelo menos um nitreto é o VN que tem cerca de 30% a cerca de 91% do peso total do material.

15 210. Material conforme o item nr. 205 acima, onde pelo menos um nitreto é o NbN que tem cerca de 35% a cerca de 92% do peso total do material.

211. Material conforme o item nr. 205 acima, onde pelo menos um nitreto é o TaN que tem cerca de 51% a cerca  
20 de 96% do peso total do material.

212. Material conforme o item nr. 194 acima, onde as partículas duras são compostas pelo menos de um boreto dos boretos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica, e  
onde o rênio tem menos de cerca de 75% e o tungstênio tem menos de cerca de 73% do peso total do material.  
25

213. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o TiB<sub>2</sub> que tem cerca de 24% a cerca de 88% do peso total do material.

214. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o  $ZrB_2$  que tem cerca de 30% a cerca de 91% do peso total do material.

215. Material conforme o item nr. 212 acima, onde  
5 pelo menos um boreto é o  $HfB_2$  que tem cerca de 44% a cerca de 95% do peso total do material.

215A. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o  $VB_2$  que tem cerca de 27% a cerca de 90% do peso total do material.

10 216. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o  $NBrB_2$  que tem cerca de 34% a cerca de 92% do peso total do material.

217. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o  $TaB_2$  que tem cerca de 47% a cerca  
15 de 96% do peso total do material.

218. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o  $Cr_3B_2$  que tem cerca de 32% a cerca de 91% do peso total do material.

219. Material conforme o item nr. 212 acima, onde  
20 pelo menos um boreto é o  $MoB_2$  que tem cerca de 36% a cerca de 93% do peso total do material.

220. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o  $WB$  que tem cerca de 53% a cerca de 96% do peso total do material.

25 221. Material conforme o item nr. 212 acima, onde pelo menos um boreto é o  $W_2B$  que tem cerca de 54% a cerca de 97% do peso total do material.

223. Material conforme o item nr. 194 acima, onde

as partículas duras são compostas pelo menos de um silicileto dos siliciletos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica, e

5 onde o rênio tem menos de cerca de 76% e o tungstênio tem menos de cerca de 74% do peso total do material.

224. Material conforme o item nr. 223 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $Ti_5Si_3$  que tem cerca de 24% a cerca de 88% do peso total do material.

10 225. Material conforme o item nr. 223 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $Zr_6Si_5$  que tem cerca de 28% a cerca de 90% do peso total do material.

226. Material conforme o item nr. 223 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $NbSi_2$  que tem cerca de 31% a cerca de 91% do peso total do material.

15 227. Material conforme o item nr. 223 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $TaSi_2$  que tem cerca de 38% a cerca de 93% do peso total do material.

228. Material conforme o item nr. 223 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $MoSi_2$  que tem cerca de 31% a 20 cerca de 91% do peso total do material.

229. Material conforme o item nr. 223 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $WSi_2$  que tem cerca de 40% a cerca de 94% do peso total do material.

230. Material composto de:

25 partículas duras compostas pelo menos de um nitreto dos nitretos das colunas IVB e VB na Tabela Periódica; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem menos de 71% do peso total

do material e cobalto que tem menos de 52% do peso total do material.

231. Material conforme o item nr. 230 acima, onde pelo menos um nitreto é o TiN que tem cerca de 28% e cerca de 95% do peso total do material.

232. Material conforme o item nr. 230 acima, onde pelo menos um nitreto é o ZrN que tem cerca de 34% a cerca de 90% do peso total do material.

233. Material conforme o item nr. 230 acima, onde pelo menos um nitreto é o HfN que tem cerca de 50% a cerca de 98% do peso total do material.

234. Material conforme o item nr. 230 acima, onde pelo menos um nitreto é o VN que tem cerca de 30% a cerca de 96% do peso total do material.

235. Material conforme o item nr. 230 acima, onde pelo menos um nitreto é o NbN que tem cerca de 34% a cerca de 96% do peso total do material.

236. Material conforme o item nr. 230 acima, onde pelo menos um nitreto é o TaN que tem cerca de 51% a cerca de 98% do peso total do material.

237. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um boreto dos boretos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica; e uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem menos de 75% do peso total do material e cobalto que tem menos de 56% do peso total do material.

238. Material conforme o item nr. 237 acima, onde

pelo menos um boreto é o  $TiB_2$  que tem cerca de 24% a cerca de 34% do peso total do material.

239. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $ZrB_2$  que tem cerca de 30% a cerca de 96% do peso total do material.

240. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $HfB_2$  que tem cerca de 45% a cerca de 98% do peso total do material.

241. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $VB_2$  que tem cerca de 27% a cerca de 95% do peso total do material.

242. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $NbB_2$  que tem cerca de 34% a cerca de 96% do peso total do material.

243. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $TaB_2$  que tem cerca de 48% a cerca de 98% do peso total do material.

244. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $Cr_3B_2$  que tem cerca de 30% a cerca de 96% do peso total do material.

245. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $MoB_2$  que tem cerca de 36% a cerca de 97% do peso total do material.

246. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $WB$  que tem cerca de 53% a cerca de 98% do peso total do material.

247. Material conforme o item nr. 237 acima, onde pelo menos um boreto é o  $W_2B$  que tem cerca de 55% a cerca de

98% do peso total do material.

248. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um silicileto dos siliciletos das colunas IVB e VB na Tabela Periódica; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem menos de 76% do peso total do material e cobalto que tem menos de 57% do peso total do material.

10 249. Material conforme o item nr. 248 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $Ti_5Si_3$  que tem cerca de 24% a cerca de 94% do peso total do material.

250. Material conforme o item nr. 248 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $ZSr_6Si_3$  que tem cerca de 28% a cerca de 95% do peso total do material.

251. Material conforme o item nr. 248 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $NbSi_2$  que tem cerca de 31% a cerca de 96% do peso total do material.

20 252. Material conforme o item nr. 248 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $TaSi_2$  que tem cerca de 38% a cerca de 97% do peso total do material.

253. Material conforme o item nr. 248 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $MoSi_2$  que tem cerca de 31% a cerca de 96% do peso total do material.

25 254. Material conforme o item nr. 248 acima, onde pelo menos um silicileto é o  $WSi_2$  que tem cerca de 40% a cerca de 97% do peso total do material.

255. Material composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica; e

5 uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem menos de 74% do peso total do material e molibdênio que tem menos de 57% do peso total do material.

256. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o TiC que tem cerca de 26% a cerca  
10 de 94% do peso total do material.

257. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o ZrC que tem cerca de 32% a cerca de 95% do peso total do material.

258. Material conforme o item nr. 255 acima, onde  
15 pelo menos um carbureto é o HfC que tem cerca de 48% a cerca de 98% do peso total do material.

259. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 28% a cerca de 95% do peso total do material.

20 260. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem cerca de 36% a cerca de 98% do peso total do material.

261. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 51% a cerca  
25 de 98% do peso total do material.

262. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 32% a cerca de 95% do peso total do material.

263. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 40% a cerca de 97% do peso total do material.

5 264. Material conforme o item nr. 255 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 53% a cerca de 98% do peso total do material.

265. Material composto de:

10 partículas duras compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica; e

uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem menos de 74% do peso total do material e níquel que tem menos de 54% do peso total do material.

15 266. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{TiC}$  que tem cerca de 26% a cerca de 95% do peso total do material.

20 267. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{ZrC}$  que tem cerca de 32% a cerca de 96% do peso total do material.

268. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{HfC}$  que tem cerca de 48% a cerca de 98% do peso total do material.

25 269. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 28% a cerca de 95% do peso total do material.

270. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{NbC}$  que tem cerca de 36% a cerca

de 97% do peso total do material.

271. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 51% a cerca de 98% do peso total do material.

5           272. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 32% a cerca de 96% do peso total do material.

10           273. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 40% a cerca de 97% do peso total do material.

274. Material conforme o item nr. 265 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 53% a cerca de 98% do peso total do material.

257. Material composto de:

15           partículas duras compostas pelo menos de um carbureto dos carburetos das colunas IVB, VB e VIB na Tabela Periódica; e

20           uma matriz aglomerante que liga as partículas duras e é composta de rênio que tem menos de 74% do peso total do material e cromo que tem menos de 48% do peso total do material.

276. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o TiC que tem cerca de 26% a cerca de 96% do peso total do material.

25           277. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o ZrC que tem cerca de 32% a cerca de 97% do peso total do material.

278. Material conforme o item nr. 275 acima, onde

pelo menos um carbureto é o HfC que tem cerca de 48% a cerca de 98% do peso total do material.

279. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o VC que tem cerca de 28% a cerca de 95% do peso total do material.

280. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o NbC que tem cerca de 36% a cerca de 97% do peso total do material.

281. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o TaC que tem cerca de 51% a cerca de 98% do peso total do material.

282. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Cr}_2\text{C}_3$  que tem cerca de 32% a cerca de 97% do peso total do material.

283. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o  $\text{Mo}_2\text{C}$  que tem cerca de 40% a cerca de 98% do peso total do material.

284. Material conforme o item nr. 275 acima, onde pelo menos um carbureto é o WC que tem cerca de 53% a cerca de 98,6% do peso total do material

285. Método composto de:

preparação de uma superfície metálica para o processo de pulverização térmica; e

execução do processo de pulverização térmica para depositar um metal duro sobre a superfície metálica,

onde o metal duro é composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um material feito de carbureto, nitreto, boreto, ou silicileto; e

uma matriz aglomerante para ligar as partículas duras e que é composta pelo menos de rênio.

286. Método composto de:

preparação de uma superfície metálica para um processo de pulverização térmica; e

execução do processo de pulverização térmica para depositar um metal duro sobre a superfície metálica,

onde o metal duro é composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um material feito de um carbureto, nitreto, boreto, ou siliceto; e

uma matriz aglomerante para ligar as partículas duras, que é composta pelo menos de uma super liga com base em Ni.

287. Método composto de:

preparação de uma superfície metálica para um processo de pulverização térmica;

e

execução do processo de pulverização térmica para depositar um metal duro sobre a superfície metálica,

onde o metal duro é composto de:

partículas duras compostas pelo menos de um material feito de um carbureto, nitreto, boreto, ou siliceto; e

uma matriz aglomerante para ligar as partículas duras, que é composta pelo menos de tungstênio.

Essas e outras características, implementações, e vantagens são agora descritas em detalhes com respeito aos desenhos, descrição detalhada, e reivindicações.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Fig. 1 mostra um exemplo de fluxo de fabricação na preparação de um metal duro de acordo com uma implementação.

Fig. 2 mostra um exemplo de processo de sinterização de duas etapas para o processamento de metais duros em um estado sólido.

Figs. 3, 4, 5, 6, 7, e 8 mostram várias propriedades medidas de exemplos de metais duros selecionados.

Figs. 9 e 10 ilustram exemplos dos métodos de pulverização térmica.

10 A figura 11 mostra um exemplo de um sistema de ferramenta de soldagem de fricção e agitação com um cabeçote de soldagem de fricção e agitação que utiliza um material descrito nesta solicitação

#### Descrição detalhada

15 A soldagem de fricção e agitação é um processo de soldagem no estado sólido para unir componentes metálicos sem a fusão dos mesmos e para evitar vários efeitos adversos associados com as técnicas tradicionais de soldagem que fundem as peças metálicas. Digna de nota, a soldagem de fricção  
20 e agitação pode ser utilizada para a produção de soldas grandes em várias configurações geométricas, onde um cabeçote de ferramenta cilíndrico rotativo é ligado em uma peça rigidamente fixada e então é deslocado ao longo da junta entre as duas peças metálicas a serem soldadas. A ferramenta é  
25 especialmente projetada para produzir uma combinação de calor de fricção e trabalho termo-mecânico no material da peça quando a ferramenta se desloca ao longo da junta. No caminho da ferramenta é formada uma ligação forte no estado sólido.

A figura 11 ilustra um exemplo de um sistema FSW. Um cabeçote FSW 102 é ligado a uma haste 108 a qual por seu lado é fixada em um rotor e pode incluir um pino e um ombro no qual é ligado o pino. Poderá ser utilizado um mandril para suportar a haste de forma que o rotor gire a haste 108, a qual gira o cabeçote 102 durante a soldagem. Em operação, o cabeçote giratório é prensado na interface das duas peças metálicas 1 e 2 a serem soldadas em conjunto e é deslocado ao longo da interface da junta. O cabeçote 102 inclui um ombro 104 que é fixado na haste 108 e um pino 106 que é fixado no ombro 104. O pino 106 e o ombro 104 estão em contato direto com as duas peças a serem soldadas em conjunto. Em algumas implementações, o pino 106 e o ombro 104 são feitos de um material de metal duro descrito nesta solicitação. Em outras implementações, as superfícies do pino e do ombro poderão ser feitas de um material descrito nesta solicitação, enquanto que as partes internas do pino e do ombro poderão ser feitas de um material diferente. Vários materiais descritos aqui apresentam uma dureza e uma rigidez elevados sob a alta temperatura a que é submetido o pino e o ombro durante a soldagem de fricção e agitação, e assim sendo podem ser utilizados para a produção do cabeçote.

Exemplos dos projetos de cabeçote FSW são também descritos na patente americana de número 6.648.206 intitulada "Friction stir welding using a superabrasive tool" e a publicação de patente americana número US 2004/0238599 (A1) intitulada "Apparatus and method for friction stir welding of high strength materials and articles made therefrom." Os

dois documentos de patentes americanas são incorporados aqui como referência, como parte da especificação desta solicitação.

Em algumas implementações, a ferramenta ou pino inteiro FSW e o ombro da ferramenta FSW poderão ser feitos de um material, como um cermet descrito nesta solicitação. Por exemplo, um cermet poderá ser um metal ligado a partículas de cerâmica de pelo menos um material cerâmico. Exemplos de materiais cerâmicos incluem carburetos, nitretos, boretos, e silicetos. O carbureto poderá incluir pelo menos um dos TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, MoC, Mo<sub>2</sub>C, WC, W<sub>2</sub>C. O nitreto poderá incluir pelo menos um dos TiN, ZrN, HfN, VN, NbN. O boletto poderá incluir pelo menos um dos TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, NbB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, CrB<sub>2</sub>, Mo<sub>2</sub>C, MoB, MoB<sub>2</sub>, W<sub>2</sub>C, WB. O siliceto poderá incluir pelo menos um dos Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>, Zr<sub>6</sub>Si<sub>5</sub>, Zr<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>, Zr<sub>4</sub>Si<sub>3</sub>, HfSi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, TaSi<sub>2</sub>, Mo<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>, MoSi<sub>2</sub>, W<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>. Pelo menos um dos materiais aglomerantes de metal poderá ser utilizado para ligar as partículas, como por exemplo, Re, uma super liga com base em Ni, uma super liga com base em Re-Ni, Re-Co, Re-Ni, Re-Fe, Re-Cr, Re-Mo, Fe-super liga com base em Ni, Ni-super liga com base em Ni, Co-super liga com base em Ni, Cr-super liga com base em Ni, Mo-super liga com base em Ni, Ni-super liga com base em Ni, Ni-super liga com base em Re-Ni, Co-super liga com base em Re-Ni, Fe-super liga com base em Re-Ni, Cr-super liga com base em Re-Ni, e Mo-super liga com base em Re-Ni.

Mais exemplos dos materiais para o ombro e para o pino são descritos abaixo.

As composições de metais duros são importantes pelo fato de que elas diretamente afetam o desempenho técnico dos metais duros em suas pretendidas aplicações, e as condições de processamento e equipamento empregado durante a fabricação de tais metais duros. As composições de metal duro também podem diretamente afetar o custo dos materiais brutos para os metais duros, e os custos associados com os processos de fabricação. Por essas e outras razões, esforços extensivos têm sido feitos na indústria de metal duro para desenvolver composições tecnicamente superiores e economicamente praticáveis para metais duros. Este pedido descreve, entre outras características, as composições do material para os metais duros com materiais da matriz aglutinadora selecionados que, juntos, fornecem vantagens no desempenho.

As composições do material para metais duros de interesse incluem várias partículas duras e vários materiais de matrizes aglutinadoras. Em geral, as partículas duras podem ser formadas de carbeto dos metais nas colunas IVB (por exemplo,  $TiC$ ,  $ZrC$ ,  $HfC$ ), VB (por exemplo,  $VC$ ,  $NbC$ ,  $TaC$ ), e VIB (por exemplo,  $Cr_3C_2$ ,  $Mo_2C$ ,  $WC$ ) na Tabela Periódica dos Elementos. Além disso, os nitretos formados pelos elementos de metais nas colunas IVB (por exemplo  $TiN$ ,  $ZrN$ ,  $HfN$ ) e VB (por exemplo,  $VN$ ,  $NbN$ , e  $TaN$ ) na Tabela Periódica dos Elementos podem também ser empregados. Por exemplo, uma composição de material para partículas duras que é amplamente empregada para muitos metais duros é um carbeto de tungstênio, por exemplo, o mono carbeto de tungstênio ( $WC$ ). Vários nitretos podem ser misturados com carbeto para forma-

rem as partículas duras. Dois ou mais dos acima e outros carbetos e nitretos podem ser combinados para formarem metais duros com base em WC ou metais duros livres de WC. Os exemplos de misturas de diferentes carbetos incluem porém  
5 não estão limitados a uma mistura de WC e TiC, e uma mistura de WC, TiC, e TaC. Além dos vários carbetos, nitretos, carbonitretos, boretos, e silicidas podem também ser empregado como partículas duras para metais duros. Os exemplos de várias partículas duras adequadas são descritos nesta aplicação.  
10

A composição do material da matriz aglutinadora, além de fornecer uma matriz para a aglutinação das partículas duras juntas, pode significativamente afetar as propriedades refratárias e duras dos metais duros resultantes. Em  
15 geral, a matriz aglutinadora pode incluir um ou mais metais de transição na oitava coluna da Tabela Periódica dos Elementos, tal como cobalto (Co), níquel (Ni), e ferro (Fe), e os metais na coluna 6B tal como molibdênio (Mo) e cromo (Cr). Dois ou mais de tais e outros metais aglutinadores  
20 podem ser misturados juntos para formarem as matrizes aglutinadoras desejadas para ligar as partículas duras adequadas. Algumas matrizes aglutinadoras, por exemplo, usa combinações de Co, Ni e Mo com diferentes pesos relativos.

As composições de metal duro descritas aqui foram  
25 desenvolvidas em parte com base em um reconhecimento que a composição do material da matriz aglutinadora pode ser especialmente configurada e cortada para fornecer metais duros de alto desempenho para alcançar as necessidades específicas

de várias aplicações. Em particular, a composição do material da matriz aglutinadora tem efeitos significantes sobre outras propriedades do material dos metais duros resultantes, tal como a elasticidade, a rigidez, e os parâmetros de  
5 força (incluindo a força de ruptura transversa, a força de tensão, e a força de impacto). Portanto, o inventor reconheceu que era desejável fornecer a composição de material apropriada para a matriz aglutinadora para melhor comparar a composição de material das partículas duras e outros compo-  
10 nentes dos metais duros a fim de realçar as propriedades do material e o desempenho dos metais duros resultantes.

Mais especificamente, essas composições de metal duro usam matrizes aglutinadoras que incluem rênio, uma superliga com base em níquel ou uma combinação de pelo menos  
15 uma superliga com base em níquel e outros materiais aglutinadores. Outros materiais aglutinadores adequados podem incluir, entre outros, rênio (Re) ou cobalto. Uma super liga com base em Ni exibe uma alta força do material em uma temperatura relativamente alta. O metal duro resultante forma-  
20 do com um tal material aglutinador pode ser benéfico pela força alta força do material em altas temperaturas do rênio e super liga de Ni e exibe desempenho realçado em altas temperaturas. Além disso, uma super liga com base em Ni também exibe resistência superior a corrosão e oxidação, e portan-  
25 to, quando empregada como um material aglutinador, pode melhorar a resistência correspondente dos metais duros.

As composições dos metais duros, descritas neste pedido podem incluir o material da matriz aglutinadora de

cerca de 3% a cerca de 40% em volume dos materiais totais nos metais duros de modo que o percentual de volume correspondente das partículas duras seja cerca de 97% a cerca de 60%, respectivamente. Na faixa de percentual de volume acima, o material da matriz aglutinadora em certos implementos pode ser de cerca de 4% a cerca de 35% em volume pelo volume dos materiais de metal duro total. Mais preferivelmente, algumas composições dos metais duros podem ter de cerca de 5% a cerca de 30% do material de matriz aglutinadora em volume pelo volume dos materiais de metal duro total, O percentual em peso do material de matriz aglutinadora no peso total dos metais duros resultantes pode ser derivado das composições específicas dos metais duros.

Em várias implementações, as matrizes aglutinadoras podem ser formadas principalmente por superliga com base em níquel, e por várias combinações da super liga com base em níquel com outros elementos tal como Re, Co, Ni, Fe, Mo e Cr. Uma superliga com base em Ni de interesse pode compreender, além do Ni, elementos Co, Cr, Al, Ti, Mo, W, e outros elementos tal como Ta, Nb, B, Zr e C. Por exemplo, as superligas com base em Ni podem incluir os seguintes metais constituintes em percentual em peso do peso total da superliga: Ni de cerca de 30% a cerca de 70%, Cr de cerca de 10% a cerca de 30%, Co de cerca de 0% a cerca de 25%, um total de Al e Ti de cerca de 4% a cerca de 12%, Mo de cerca de 0% a cerca de 10%, W de cerca de 0% a cerca de 10%, Ta de cerca de 0% a cerca de 10%, Nb de cerca de 0% a cerca de 5%, e Hf de cerca de 0% a cerca de 5%. As superligas com base em Ni

podem também incluir um dos dois ou ambos Re e Hf, por exemplo, Re de 0% a cerca de 10%, e Hf de 0% a cerca de 5%. A superliga com base em Ni com Re pode ser empregada em aplicações sob altas temperaturas. Uma superliga com base em Ni  
5 pode ainda incluir outros elementos, tal como B, Zr, e C, em pequenas quantidades.

Os compostos TaC e NbC têm propriedades similares até certo ponto e podem ser empregados para parcialmente ou completamente substituir ou repor cada outro em composições  
10 de metal duro em algumas implementações. Qualquer um dos dois ou ambos HfC e NbC também podem ser empregados para substituir ou repor uma parte ou todo TaC em projetos de metais duros. Os compostos WC, TiC, TaC podem ser produzidos individualmente e em seguida misturados para formar uma mistura  
15 ou podem ser produzidos em uma forma de uma solução sólida. Quando uma mistura é empregada, a mistura pode ser selecionada de pelo menos um de um grupo consistindo em (1) uma mistura de WC, TiC, e TaC, (2) uma mistura de WC, TiC, e NbC, (3) uma mistura de WC, TiC, e pelo menos um dos TaC e  
20 NbC, e (4) uma mistura de WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC. Uma solução sólida de múltiplos carbeto pode exibir melhores propriedades e desempenhos do que uma mistura de vários carbeto. Portanto, as partículas duras podem ser selecionadas de pelo menos um de um grupo consistindo em (1)  
25 uma solução sólida de WC, TiC e TaC, (2) uma solução sólida de WC, TiC, e NbC, (3) uma solução sólida de WC, TiC, e pelo menos um dos TaC e NbC, e (4) uma solução sólida de WC, TiC, e pelo menos um dos HfC e NbC.

A superliga com base em níquel como um material aglutinador pode estar em uma fase  $\gamma$ - $\gamma'$  onde a fase  $\gamma'$  com uma estrutura FCC se mistura com a fase  $\gamma$ . A força aumenta com a temperatura em um certo ponto. Outra propriedade desejada de uma tal superliga com base em Ni é sua alta resistência a oxidação e corrosão. A superliga com base em níquel pode ser empregada ou para parcialmente ou totalmente substituir Co em várias composições aglutinadoras com base em Co. Como demonstrado pelos exemplos divulgados neste pedido, a inclusão de ambos rênio e uma superliga com base em níquel em uma matriz aglutinadora de um metal duro pode significativamente melhorar o desempenho do metal duro resultante pelo benefício do desempenho superior em altas temperaturas da presença de Re ao mesmo tempo em que utilizando a temperatura de sinterização relativamente baixa da super liga com base em Ni para manter uma temperatura de sinterização razoavelmente baixa para fácil fabricação. Além disso, a teor relativamente baixo de Re em tais composições aglutinadoras leva em conta os custos reduzidos dos materiais aglutinadores de modo que tais materiais sejam economicamente praticáveis.

Uma tal super liga com base em níquel pode ter um percentual em peso de vários por cento a 100% com respeito ao peso total de todos os componentes do material na matriz aglutinadora com base na composição específica da matriz aglutinadora. Uma superliga com base em níquel típica pode principalmente compreender níquel e outros componentes de metal em um estado fortalecido da fase  $\gamma$ - $\gamma'$  a fim de exibir uma força realçada que aumente quando a temperatura aumen-

tar.

Várias superligas com base em níquel podem ter um ponto de fusão menor do que o cobalto de material aglutinador comum, tal como ligas sob o nome comercial Rene-95, Udimet-700, Udimet-720 de Special Metals que compreende principalmente Ni em combinação com Co, Cr, Al, Ti, Mo, Nb, W, B, e Zr. Portanto, empregando uma tal superliga com base em níquel sozinha como um material aglutinador pode não aumentar o ponto de fusão dos metais duros resultantes em comparação com os materiais duros empregando aglutinadores com Co.

Entretanto, em uma implementação, a superliga com base em níquel pode ser empregada no aglutinador para fornecer uma alta força de material e melhorar a dureza dos metais duros resultantes, em altas temperaturas próximas ou acima de 500°C. Os testes de algumas amostras fabricadas têm demonstrado que a força e a dureza do material para metais duros com uma superliga com base em níquel no aglutinador pode melhorar significativamente, por exemplo, pelo menos 10%, em temperaturas de operação baixas em comparação com as composições de material similar sem superliga com base em Ni no aglutinador. A seguinte tabela mostra os parâmetros de dureza medidos das amostras P65 e P46A com superliga com base em Ni no aglutinador em comparação com as amostras P49 e P47A com Co puro como o aglutinador, onde as composições das amostras são listadas na Tabela 4.

Efeitos da Superliga com base em Níquel (NS) no Aglutinador

Nome código da amostra	Aglutinador Co ou NS	Hv em temperatura ambiente (Kg/mm <sup>2</sup> )	Ksc em temperatura ambiente (x10 <sup>6</sup> Pa.m <sup>1/2</sup> )	Comparação
P49	Co: 10% em volume	2186	6,5	
P65	NS: 10% em volume	2532	6,7	Hv é cerca de 16% maior do que aquele de P49
P47A	Co: 15% em volume	2160	6,4	
P46A	NS: 15% em volume	2364	6,4	Hv é cerca de 10% maior do que aquele de P47A

Notavelmente, em altas temperaturas de operação acima de 500°C, as amostras de metal duro com superliga com base em Ni no aglutinador podem exibir uma dureza do material que é significativamente maior do que aquela das amostras de metal duro similar sem ter uma superliga com base em Ni no aglutinador. Além disso, a superliga com base em Ni como um material aglutinador pode também melhorar a resistência à corrosão dos metais duros resultantes ou cermets em comparação com metais duros ou cermets empregando o cobalto convencional como o aglutinador.

Uma superliga com base em níquel pode ser emprega-

da sozinha ou em combinação com outros elementos para formar uma matriz aglutinadora desejada. Outros elementos que podem ser combinados com a superliga com base em níquel para formarem uma matriz aglutinadora incluem, porém não estão limitados a, outra superliga com base em níquel, outras ligas com base em não níquel, Re, Co, Ni, Fe, Mo, e Cr.

Rênio como um material aglutinador pode ser empregado para fornecer forte ligação das partículas duras e em particular pode produzir um ponto de fusão elevado para o material de metal duro resultante. O ponto de fusão do rênio é cerca de 3180°C, muito mais alto do que o ponto de fusão de 1495°C do cobalto comumente empregado como um material aglutinador. Esta característica do rênio parcialmente contribui com o desempenho realçado dos metais duros com aglutinadores empregando Re, por exemplo, a força e dureza realçadas do metal duro resultante em altas temperaturas. Re também tem outras propriedades desejadas como um material aglutinador. Por exemplo, a dureza, a força de captura transversa, o enrijecimento da fratura, e o ponto de fusão dos metais duros com Re em suas matrizes aglutinadoras podem ser aumentados significativamente em comparação com metais duros similares sem Re nas matrizes aglutinadoras. Uma dureza de Hv acima de 2600 kg/mm<sup>2</sup> foi obtida nos exemplos de metais duros com base em WC com Re nas matrizes aglutinadoras. O ponto de fusão de alguns exemplos de metais duros com base em WC, isto é, a temperatura de sinterização com Co nos aglutinadores na Tabela 2.1 no Brookes citado, é abaixo de 1500°C. Um metal duro com uma temperatura de sinteriza-

ção alta permite que o material opere em uma temperatura alta abaixo da temperatura de sinterização. Por exemplo, os instrumentos com base nos materiais de metal duro contendo Re podem operar em altas velocidades para reduzir o tempo do processamento e a produção total do processamento.

O uso de Re como um material aglutinador em metais duros, entretanto, pode apresentar limitações na prática. Por exemplo, a alta temperatura desejável apropriada de Re geralmente induz a uma alta temperatura de sinterização para fabricação. Desse modo, o forno ou fornalha para o processo de sinterização convencional necessita operar em ou acima da alta temperatura de sinterização, por exemplo, acima de 2200°C, pode ser caro e pode não ser amplamente disponível para uso comercial. A Patente U.S. N° 5.476.531 divulga o uso de um método de compactação onidirecional rápida (ROC) para reduzir a temperatura do processamento na fabricação de metais duros com base em WC com Re puro como o material aglutinador de 6% a 18% do peso total de cada metal duro. Este processo de ROC, entretanto, é ainda caro e geralmente não é adequado para fabricação comercial.

Uma vantagem potencial das composições de metal duro e os métodos da composição descritos aqui é que eles podem fornecer ou permitir um processo de fabricação mais prático para a fabricação de metais duros ou com Re ou misturas de Re com outros materiais aglutinadores nas matrizes aglutinadoras. Em particular, este processo de duas etapas torna possível fabricar metais duros onde o Re está em ou mais do que 25% do peso total da matriz aglomerante do metal

duro resultante. Tais metais duros com Re em ou mais do que 25% de Re podem ser empregados para obter uma maior dureza e uma resistência do material em altas temperaturas.

Outra limitação do uso de Re puro como um material aglutinador para metais duros é que o Re oxida gravemente no ar em ou acima de cerca de 350°C. Esta pobre resistência à oxidação pode dramaticamente reduzir o uso de Re puro como aglutinador para qualquer aplicação acima de cerca de 300°C. Mesmo que a superliga com base em Ni tenha excepcionalmente força e resistência à oxidação sob 1000°C, uma mistura de uma superliga com base em Ni e Re onde Re é o material dominante no aglutinador pode ser empregada para melhorar a força e resistência à oxidação do metal duro resultante empregando uma tal mistura como o aglutinador. Por outro lado, a adição de Re em um aglutinador principalmente compreendido de uma superliga com base em Ni pode aumentar a faixa de fusão do metal duro resultante, e melhora a resistência à alta temperatura e resistência à deformação do aglutinador de superliga com base em Ni.

Em geral, o peso percentual do rênio na matriz aglutinadora deve ser entre alguns por cento a essencialmente 100% do peso total da matriz aglutinadora em um metal duro. Preferivelmente, o peso percentual do rênio na matriz aglutinadora deve ser em ou acima de 5%. Em particular, o peso percentual do rênio na matriz aglutinadora pode ser em ou acima de 10% da matriz aglutinadora. Em algumas implementações, o peso percentual do rênio na matriz aglutinadora pode ser em ou acima de 25% do peso total da matriz aglomerante

do metal duro resultante. Os metais duros com tal alta concentração de Re podem ser fabricados em temperaturas relativamente baixas com um processo de duas etapas descrito neste pedido.

5                   Uma vez que o rênio é geralmente mais caro do que outros materiais empregados em metais duros, o custo deve ser considerado no planejamento de matrizes aglutinadoras que incluem rênio. Alguns dos exemplos dados abaixo refletem esta consideração. Em geral, de acordo com uma imple-  
10 mentação, uma composição de metal duro inclui partículas duras dispersas tendo um primeiro material, e uma matriz aglutinadora tendo um segundo material diferente que inclui rênio, onde as partículas duras são espacialmente dispersas na matriz aglutinadora de um modo substancialmente uniforme, A  
15 matriz aglutinadora pode ser uma mistura de Re e outros materiais aglutinadores para reduzir o teor total de Re para em parte reduzir o custo total dos materiais brutos e em parte explorar a presença de outros materiais aglutinadores para realçar o desempenho da matriz aglutinadora. Os exem-  
20 plos de matrizes aglutinadoras tendo misturas de Re e outros materiais aglutinadores incluem, misturas de Re, Co e pelo menos uma superliga com base em Ni, misturas de Re e Co, e outros.

25                   A Tabela 1 lista alguns exemplos de composições de metais duros de interesse. Nesta tabela, as composições com base em WC são referidas como "metais duros", e as composições com base em WC são referidas como "cermets". Tradicionalmente, as partículas de TiC ligadas por uma mistura de Ni

e Mo ou uma mistura de Ni e Mo<sub>2</sub>C são cermets. Os cermets como descrito aqui ainda incluem partículas duras formadas por misturas de TiC e TiN, de TiC, TiN, WC, TaC, e NbC com as matrizes aglutinadoras formadas pela mistura de Ni e Mo ou a mistura de Ni e Mo<sub>2</sub>C. Para cada composição de metal duro, três faixas de percentual de peso diferentes para ao determinado material aglutinador são listados. Como um exemplo, o aglutinador pode ser uma mistura de uma superliga com base em Ni e cobalto, e as partículas duras podem ser uma mistura de WC, TiC, TaC, e NbC. Nesta composição, o aglutinador pode ser de cerca de 2% a cerca de 40% do peso total do metal duro. Esta faixa pode ser fixada de cerca de 3% a cerca de 35% em algumas aplicações e pode ser ainda limitada a uma faixa menor de cerca de 4% a cerca de 30% em outras aplicações.

TABELA 1

(NS: Superliga com base em Níquel)

	Composição aglutinadora	Composição para partículas duras	1ª faixa de percentual em peso do aglutinador	2ª faixa de percentual em peso do aglutinador	3ª faixa de percentual em peso do aglutinador
	Re	WC	4 a 40	5 a 35	6 a 30
		WC-TiC-TaC-NbC	4 a 40	5 a 35	6 a 30
	NS	WC	2 a 30	3 a 25	4 a 20

Me- tais duros		WC-TiC- TaC-NbC	2 a 30	3 a 25	4 a 20	
	NS-Re	WC	2 a 40	3 a 35	4 a 30	
		WC-TiC- TaC-NbC	2 a 40	3 a 35	4 a 30	
	Re-Co	WC	2 a 40	3 a 35	4 a 30	
		WC-TiC- TaC-NbC	2 a 40	3 a 35	4 a 30	
	NS-Re-Co	WC	2 a 40	3 a 35	4 a 30	
		WC-TiC- TaC-NbC	2 a 40	3 a 35	4 a 30	
	Cer- mets	NS	Mo <sub>2</sub> -TiC	10 a 55	12 a 50	15 a 45
			Mo <sub>2</sub> C-TiC- TiN-WC- TaC-NbC	10 a 55	12 a 50	15 a 45
		Re	Mo <sub>2</sub> -TiC	10 a 55	12 a 50	15 a 45
Mo <sub>2</sub> C-TiC- TiN-WC- TaC-NbC			10 a 55	12 a 50	15 a 45	
NS-Re		Mo <sub>2</sub> -TiC	5 a 55	6 a 50	8 a 45	
		Mo <sub>2</sub> C-TiC- TiN-WC- TaC-NbC	5 a 55	6 a 50	8 a 45	

A fabricação de metais duros com Re ou uma superliga com base em níquel em matrizes aglutinadoras pode ser realizada como segue. Primeiro, um pó com partículas desejadas tal como um ou mais carbeto ou carbonitretos é prepa-

rado. Este pó pode incluir uma mistura de diferentes carbeto-  
tos ou uma mistura de carbetos e nitretos. O pó é misturado  
com uma matriz aglutinadora adequada que inclui Re ou uma  
superliga com base em níquel. Além disso, um lubrificante  
5 premente, por exemplo, uma cera, pode ser adicionado à mis-  
tura.

A mistura das partículas duras, do material de ma-  
triz aglutinadora, e do lubrificante é misturada através de  
um processo de moagem ou atrito moendo-se ou entrando em a-  
10 trito durante um período desejado, por exemplo, horas, para  
totalmente misturar os materiais de modo que cada partícula  
dura seja revestida com o material de matriz aglutinadora  
para facilitar a aglutinação das partículas duras nos pro-  
cessos subseqüentes. As partículas duras também devem ser  
15 revestidas com o material lubrificante para lubrificar os  
materiais para facilitar o processo de mistura e reduzir ou  
eliminar a oxidação das partículas duras. Em seguida, a  
prensagem, pré-sinterização, moldagem e sinterização final  
são subseqüentemente realizadas para a mistura moída formar  
20 o metal duro resultante. O processo de sinterização é um  
processo para converter um material em pó em uma massa con-  
tínua aquecendo-se a uma temperatura que seja abaixo da tem-  
peratura de fusão das partículas duras e pode ser realizado  
após a compactação preliminar por pressão. Durante este  
25 processo, o material aglutinador é densificado para formar  
uma matriz aglutinadora contínua para aglutinar as partícu-  
las duras nesse lugar. Um ou mais revestimentos adicionais  
podem ser ainda formados em uma superfície do metal duro re-

sultante para realçar o desempenho do metal duro. Fig. 1 é um gráfico de fluxo para esta implementação do processo de fabricação.

Em uma implementação, o processo de preparação para carbetos cementados inclui moagem úmida em solvente, se-  
5 cagem a vácuo, prensagem, e sinterização de fase líquida a vácuo. A temperatura da sinterização de fase líquida é entre o ponto de fusão do material aglutinador (por exemplo, Co em 1495°C) e a temperatura eutética da mistura de metal  
10 duro (por exemplo WC-Co em 1320°C). Em geral, a temperatura de sinterização do carbeto cementado é na faixa de 1360 a 1480°C. Para novos materiais com baixa concentração de Re ou uma superliga com base em Ni na liga aglutinadora, o processo de preparação é o mesmo como o processo de carbeto ce-  
15 mentado. O princípio da sinterização de fase líquida no vácuo é aplicado neste. A temperatura de sinterização é levemente maior do que a temperatura eutética da liga aglutinadora e carbeto. Por exemplo, a condição de sinterização de P17 (25% de Re na liga aglutinadora, em peso) é em 1700°C  
20 durante uma hora em vácuo.

Fig. 2 mostra um processo de fabricação de duas etapas com base em uma sinterização de fase de estado sólido para fabricar vários metais duros descritos neste pedido. Os exemplos de metais duros que podem ser fabricados com este  
25 método de sinterização de duas etapas incluem metais duros com uma concentração elevada de Re na matriz aglutinadora que de outro modo exigiria a sinterização de fase líquida em altas temperaturas. Este processo de duas etapas pode

ser implementado em temperaturas relativamente baixas, por exemplo, abaixo de 2200°C, para utilizar fornos comercialmente praticáveis e produzir os metais duros em custos razoavelmente baixos. A sinterização de fase líquida é eliminada neste processo de duas etapas por que a sinterização de fase líquida não pode ser prática devido às temperaturas eutéticas geralmente elevadas da liga aglutinadora e carbeto. Como discutido acima, a sinterização em tais temperaturas elevadas requer fornos operando em altas temperaturas as quais não podem ser comercialmente praticáveis.

A primeira etapa deste processo de duas etapas é uma sinterização a vácuo, onde os materiais da mistura para a matriz aglutinadora e as partículas duras são sinterizadas em vácuo. A mistura é inicialmente processada, por exemplo, por moagem úmida, secagem, e prensagem, quando realizadas em processos convencionais para a fabricação de carbetos cimentados. Esta primeira etapa da sinterização é realizada em uma temperatura abaixo da temperatura eutética da liga aglutinadora e os materiais de partícula dura para remover ou eliminar a porosidade interconectada. A segunda etapa é uma sinterização de fase sólida em uma temperatura abaixo da temperatura eutética e sob uma condição pressurizada para remover e eliminar as porosidades restantes e lacunas deixadas na mistura sinterizada após a primeira etapa. Um processo de prensagem isostática quente (HIP) pode ser empregado como esta segunda etapa de sinterização. Igualmente a pressão e o calor são aplicados ao material durante a sinterização para reduzir a temperatura do processamento que de

outro modo seria maior na ausência da pressão. Um veículo de gás tal como um gás inerte pode ser empregado para aplicar e transmitir a pressão à mistura sinterizada. A pressão pode ser em ou acima de 1000 bares. A aplicação da pressão

5 no processo HIP reduz a temperatura requerida do processamento e permite o uso de fornalhas ou fornos convencionais. As temperaturas da sinterização de fase sólida e prensagem isostática quente para alcançar materiais totalmente condensados são geralmente significativamente menores do que as

10 temperaturas para sinterização de fase líquida. Por exemplo, a amostra P62 que usa Re puro como o aglutinador pode ser totalmente densificada por sinterização a vácuo em 2200°C durante uma a duas horas e em seguida a prensagem isostática quente em cerca de 2000°C sob uma pressão de 2109

15 kg/cm<sup>2</sup> no gás inerte tal como Ar durante cerca de uma hora. Notavelmente, o uso de partículas ultras finas com uma dimensão particulada menor do que 0,5 micron pode reduzir a temperatura de sinterização para totalmente densificar os metais duros (partículas finas são vários microns no tama-

20 nho). Por exemplo, na preparação das amostras P62 e P63, o uso de tal WC ultra fino permite que a temperatura de sinterização seja baixa, por exemplo, cerca de 2000°C. Este processo de duas etapas é menos caro do que o método ROC e pode ser empregado para produção comercial.

25 As seguintes seções descrevem exemplos de composições de metal duro e suas propriedades com base em vários materiais de matriz aglutinadora que incluem pelo menos rênio ou uma superliga com base em níquel.

A Tabela 2 fornece uma lista de nomes códigos (números do lote) para alguns dos materiais constituintes empregados para formar os exemplos de metais duros, onde H1 representa rênio, e L1, L2 e L3 representam três exemplos de superligas com base em níquel comerciais. A Tabela 3 adicionalmente lista composições dos três exemplos de superligas com base em níquel acima, Udimet720 (U720), Rene'95 (R-95), e Udimet 700 (U700), respectivamente. A Tabela 4 lista as composições dos exemplos de metais duros, ambos com e sem rênio ou uma superliga com base em níquel nas matrizes aglutinadoras. Por exemplo, a composição do material para Lote P17 principalmente inclui 88 gramas de T32 (WC), 3 gramas de I32 (TiC), 3 gramas de A31 (TaC), 1,5 grama de H1 (Re) e 4,5 gramas de L2 (R-95) como aglutinador, e 2 gramas de uma cera como lubrificante. O lote P58 representa um metal duro com uma superliga com base em níquel L12 como o único material aglutinador sem Re. Esses metais duros foram fabricados e testados para ilustrar os efeitos de um dos dois ou ambos rênio e superliga com base em níquel como materiais aglutinadores em várias propriedades dos metais duros resultantes. As Tabelas 5-8 ainda fornecem informação sumária das composições e propriedades de diferentes lotes de amostras como definido acima.

Fig. 3 até 8 mostra as medições das amostras de metal duro selecionadas deste pedido. As Figs. 3 e 4 mostram os parâmetros de fortalecimento e dureza medidos de alguns exemplos de metais duros quanto aos graus de corte do aço. As Figs. 5 e 6 mostram os parâmetros de fortalecimento

e dureza medidos de alguns exemplos de metais duros quanto aos graus de corte não ferroso. As medições foram realizadas antes e após o processo HIP de sinterização de fase sólida e os dados sugeriram que o processo HIP significante-

5 mente melhora igualmente o fortalecimento e a dureza dos materiais. Fig. 7 mostra as medições da dureza como uma função da temperatura para alguns exemplos. Como uma comparação, as Figs. 7 e 8 também mostram as medições de C2 e C6 carbeto comercial sob as mesmas condições de teste, onde a

10 Fig. 7 mostra a dureza medida e a Fig. 8 mostra a carga medida na dureza do valor em temperatura ambiente (RT). Certamente, as amostras de metal duro com base nas composições descritas aqui fazem melhor do que os materiais de grau comercial em termos de dureza em altas temperaturas. Esses

15 resultados demonstram que o desempenho superior das matrizes aglutinadoras com um dos ou ambos Re e superliga com base em níquel como materiais aglutinadores em comparação com os materiais de matriz aglutinadora com base em Co.

TABELA 2

Código	Composição do Pó	Observações
T32	WC	Tamanho de partícula 1,5 $\mu\text{m}$ , de Alldyne
T35	WC	Tamanho de partícula 15 $\mu\text{m}$ , de Alldyne
Y20	Mo	Tamanho de partícula 1,7-2,2 $\mu\text{m}$ ,

		de Alldyne
L3	U-700	Malha -325, metal especial, Udimet 700
L1	U-720	Malha -325, metal especial, Udimet 720
L2	Re-95	Malha -325, metal especial, Rene 95
H1	Re	Malha -325, Rhenium Alloy Inc.
I32	TiC	De AEE, Ti-302
I21	TiB <sub>2</sub>	De AEE, Ti-201, 1-5 µm
A31	TaC	De AEE, TA-301
Y31	Mo <sub>2</sub> C	De AEE, MO-301
D31	VC	De AEE, VA-301
B1	Co	De AEE, CO-101
K1	Ni	De AEE, Ni-101
K2	Ni	De AEE, Ni-102
I13	TiN	De Cerac, T-1153
C21	ZrB <sub>2</sub>	De Cerac, Z-1031
Y6	Mo	De AEE Mo+100, 1-2 µm
L6	Al	De AEE Al-100, 1-5 µm
R31	B <sub>4</sub> C	De AEE Bo-301, 3 µm
T3,8	WC	Tamanho de partícula 0,8 µm, Alldyne
T3,4	WC	Tamanho de partícula 0,4 µm, OMG
T3,2	WC	Tamanho de partícula 0,2 µm, OMG

TABELA 3

	Ni	Co	Cr	Al	Ti	Mo	Nb	W	Zr	B	C	V
R95	62,982	8,04	13,16	3,54	2,53	3,55	3,55	3,54	0,049		0,059	
U700	54,331	17,34	15,35	4,04	3,65	5,17	0,028	0,008	0,04	0,019	0,019	0,005
U720	56,334	15,32	16,38	3,06	5,04	3,06	0,01	1,30	0,035	0,015	0,012	0,004

TABELA 4

N° do Lote	Composição (unidades em gramas)
P17	H1=1,5, L2=4,5, I32=3, A31=3, T32=88, Cera=2
P18	H1=3, L2=3, I32=3, A31=3, T32=88, Cera=2
P19	H1=1,5, L2=3, I32=3, A31=3, T32=88, Cera=2
P20	H1=1,5, L3=4,5, I32=3, A31=3, T32=88, Cera=2
P25	H1=3,75, L2=2,25, I32=3, A31=3, T32=88, Cera=2
P25A	H1=3,75, L2=2,25, I32=3, A31=3, T32=88, Cera=2
P31	H1=3,44, B1=4,4, T32=92,16, Cera=2
P32	H1=6,75, B1=2,88, T32=90,37, Cera=2
P33	H1=9,93, B1=1,41, T32=88,66, Cera=2
P34	L2=14,47, I32=69,44, Y31=16,09
P35	H1=8,77, L2=10,27, I32=65,73, Y31=15,23
P36	H1=16,66, L2=6,50, I32=62,4, Y31=14,56
P37	H1=23,80, L2=3,09, I32=59,38, Y31=13,76
P38	K1=15,51, I32=68,60, Y31=15,89
P39	K2=15,51, I32=68,60, Y31=15,89
P40	H1=7,57, L2=2,96, I32=5,23, A31=5,23, T32=78,92, Cera=2

P40A	H1=7,57, L2=2,96, I32=5,23, A31=5,23, T32=78,92, Cera=2
P41	H1=11,1, L2=1,45, I32=5,20, A31=5,11, T32=77,14, Cera=2
P41A	H1=11,1, L2=1,45, I32=5,20, A31=5,11, T32=77,14, Cera=2
P42	H1=9,32, L2=3,64, I32=6,55, A31=6,44, I21=0,40, R31=4,25, T32=69,4, Cera=2
P43	H1=9,04, L2=3,53, I32=6,35, A31=6,24, I21=7,39, R31=0,22, T32=67,2, Cera=2
P44	H1=8,96, L2=3,50, I32=14,69, A31=6,19, T32=66,67, Cera=2
P45	H1=9,37, L2=3,66, I32=15,37, A31=6,47, Y31=6,51, T32=69,4, Cera=2
P46	H1=11,40, L2=4,45, I32=5,34, A31=5,25, T32=73,55, Cera=2
P46A	H1=11,40, L2=4,45, I32=5,34, A31=5,25, T32=73,55, Cera=2
P47	H1=11,35, B1=4,88, I32=5,32, A31=5,23, T32=73,22, Cera=2
P47A	H1=11,35, B1=4,88, I32=5,32, A31=5,23, T32=73,22, Cera=2
P48	H1=3,75, L2=2,25, I32=5, T32=84, Cera=2
P49	H1=7,55, B1=3,25, I32=5,31, A31=5,21, T32=78,68, Cera=2
P50	H1=4,83, L2=1,89, I32=5,31, A31=5,22, T32=82,75, Cera=2
P51	H1=7,15, L2=0,93, I32=5,23, A31=5,14, T32=81,55, Ce-

	ra=2
P52	B1=8, D31=0,6, T3,8=91,4, Cera=2
P53	B1=8, D31=0,6, T3,4=91,4, Cera=2
P54	B1=8, D31=0,6, T3,2=91,4, Cera=2
P55	H1=1,8, B1=7,2, D31=0,6, T3,4=90,4, Cera=2
P56	H1=1,8, B1=7,2, D31=0,6, T3,2=90,4, Cera=2
P56A	H1=1,8, B1=7,2, D31=0,6, T3,2=90,4, Cera=2
P57	H1=1,8, B1=7,2, T3,2=91, Cera=2
P58	L2=7,5, D31=0,6, T3,2=91,9, Cera=2
P59	H1=0,4, B1=3, L2=4,5, D31=0,6, T3,2=91,5, Cera=2
P62	H1=14,48, I32=5,09, A31=5,00, T3,2=75,43, Cera=2
P62A	H1=14,48, I32=5,09, A31=5,00, T3,2=75,43, Cera=2
P63	H1=12,47, L2=0,86, I32=5,16, A31=5,07, T3,2=76,45, Cera=2
P65	H1=7,57, L2=2,96, I32=5,32, A31=5,23, T3,2=78,92, Cera=2
P65A	H1=7,57, L2=2,96, I32=5,32, A31=5,23, T3,2=78,92, Cera=2
P66	H1=27,92, I32=4,91, A31=4,82, T3,2=62,35, Cera=2
P67	H1=24,37, L3=1,62, I32=5,04, A31=4,95, T32=32,01, Cera=2
P69	L2=7,5, D31=0,4, T3,2=92,1, Cera=2
P70	L1=7,4, D31=0,3, T3,2=92,3, Cera=2
P71	L3=7,2, D31=0,3, T3,2=92,5, Cera=2
P72	H1=1,8, B1=7,2, D31=0,3, T3,2=90,7, Cera=2
P73	H1=1,8, B1=4,8, L2=2,7, D31=0,3, T3,2=90,4, Cera=2
P74	H1=1,8, B1=3, L2=4,5, D31=0,3, T3,2=90,4, Cera=2
P75	H1=0,8, B1=3, L2=4,5, D31=0,3, T3,2=91,4, Cera=2

P76	H1=0,8, B1=3, L1=4,5, D31=0,3, T3,2=91,4, Cera=2
P77	H1=0,8, B1=3, L3=4,5, D31=0,3, T3,2=91,4, Cera=2
P78	H1=0,8, B1=4,5, L1=3, D31=0,3, T3,2=91,4, Cera=2
P79	H1=0,8, B1=3, L3=3,1, D31=0,3, T3,2=91,3, Cera=2

Várias categorias de exemplos de composições de metal duro são descritas abaixo para ilustrar os desenhos gerais acima das várias composições de metal duro para incluir um dos Re e superliga com base em níquel, ou ambos.

5 Os exemplos de categorias de composições de metal duro são definidos com base nas composições das matrizes aglutinadoras para os cermets e metais duros resultantes. A primeira categoria usa uma matriz aglutinadora tendo Re puro, a segunda categoria usa uma matriz aglutinadora tendo uma liga de Re-Co, a terceira categoria usa uma matriz aglutinadora tendo uma superliga com base em níquel, e a quarta categoria usa uma matriz aglutinadora tendo uma liga tendo uma superliga com base em Ni em combinação com Re com ou sem Co.

15 Em geral, as partículas duras e refratárias empregadas nos metais duros de interesse podem incluir, porém não estão limitadas a, carbetos, nitretos, carbonitretos, boretos, e silicietos. Alguns exemplos de Carbeto incluem, Wc, TiC, TaC, HfC, NbC, Mo<sub>2</sub>C, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, VC, ZrC, B<sub>4</sub>C, e SiC. Os exemplos de Nitretos incluem TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN e 20 BN. Os exemplos de Carbonitretos incluem Ti (C, N), Ta (C, N), Nb (C, N), Hf (C, N), Zr (C, N), e V (C, N). Os exemplos de boretos incluem TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, HfB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, VB<sub>2</sub>, MoB<sub>2</sub>, WB, e W<sub>2</sub>B. Além disso, os exemplos de Silicietos são TaSi<sub>2</sub>,

Wsi<sub>2</sub>, NbSi<sub>2</sub>, e MoSi<sub>2</sub>. As quatro categorias identificadas acima de metais duros e cermets podem também usar essas e outras partículas duras e refratárias.

Na primeira categoria de metais duros com base na matriz aglutinadora de liga de Re puro, o Re pode ser aproximadamente de 5% a 40% em volume de todas as composições do material empregadas em um metal duro ou cermet. Por exemplo, a amostra com um lote N° P62 na Tabela 4 tem 10% de Re puro, 70% de WC, 15% de TiC, e 5% de TaC em volume. Esta composição aproximadamente corresponde a 14,48% de Re, 75,43% de WC, 5,09% de TiC e 5,0% de TaC em peso. Na fabricação, o Espécime P62-4 foi sinterizada a vácuo a 2100°C durante cerca de uma hora e 2158°C durante cerca de uma hora. A densidade deste material é de cerca de 14,51 g/cc, onde a densidade calculada é 14,50 g/cc. A dureza média de Hv é 2627 ± 35 Kg/mm<sup>2</sup> para 10 medições tomadas em temperatura ambiente sob uma carga de 10 kg. O fortalecimento medido da fratura da superfície de K<sub>sc</sub> é de cerca de 7,4 x 10<sup>6</sup> Pa·m<sup>1/2</sup> estimada pela extensão de fissura Palmvist em uma carga de 10 Kg.

Outro exemplo sob esta categoria é P66 na Tabela 4. Esta amostra tem cerca de 20% de Re, 60% de WC, 15% de TiC, e 5% de TaC em volume na composição. No percentual em peso, esta amostra tem cerca de 27,92% de Re, 62,35% de WC, 4,91% de TiC, e 4,82% de TaC. O Espécime P66-4 foi primeiro processado com um processo de sinterização a vácuo em cerca de 2200°C durante uma hora e foi em seguida sinterizado na fase sólida com um processo de HIP para remover as po-

rosidades e lacunas. A densidade do metal duro resultante é cerca de 14,40 g/cc comparada com a densidade calculada de 15,04 g/cc. A dureza média de Hv é cerca de  $2402 \pm 44$  kg/mm<sup>2</sup> para 7 diferentes medições tomadas em temperatura ambiente sob uma carga de 10 kg. O fortalecimento de fratura da superfície de  $K_{sc}$  é de cerca de  $8,1 \times 10^6$  Pa·m<sup>1/2</sup>. A amostra P66 e outras composições descritas aqui com uma alta concentração de Re com um percentual em peso maior do que 25% como o único material aglutinador ou um dos dois ou mais materiais aglutinadores diferentes no aglutinador, pode ser empregada para várias aplicações em altas temperaturas de operação e pode ser fabricada empregando-se o processo de duas etapas com base na sinterização de fase sólida.

As microestruturas e propriedades de múltiplos tipos de ligações de Re de partículas duras refratárias, tal como carbetos, nitretos, nitretos de carbono, silicetos, e boretos, podem fornecer vantagens sobre o material de WC ligado a Re. Por exemplo, WC-TiC-TaC ligado a Re pode ter melhor resistência à cratera no corte de aço do que o material de WC ligado a Re. Outro exemplo e materiais formados pelas partículas refratárias de ligação de Mo<sub>2</sub>C e TiC em um aglutinador de Re.

Para a segunda categoria com uma liga de Re-Co como a matriz aglutinadora, a liga de Re-Co pode ser cerca de 5 a 40% em volume de todas as composições de material empregadas na composição. Em algumas implementações, a relação de Re para Co no aglutinador pode variar de 0,01 a 0,99 aproximadamente. A inclusão de Re pode melhorar as proprie-

dades mecânicas dos metais duros resultantes, tal como dureza, força e fortalecimento especial em alta temperatura comparado com o metal duro ligado a Co. Quanto maior o teor de Re melhor as propriedades de temperatura alta são para a maioria dos materiais empregando uma tal matriz aglutinadora.

A amostra P31 na Tabela 4 é um exemplo nesta categoria com 2,5% de Re, 7,5% de Co, e 90% de EC em volume, e 3,44% de Re, 4,40% de Co e 92,12% de WC em peso. Na fabricação, o espécime P31-1 foi sinterizado a vácuo em 1725C durante cerca de uma hora sob leve sinterização com algumas porosidades e lacunas. A densidade do metal duro resultante é cerca de 15,16 g/cc (densidade calculada em 15,27 g/cc). A dureza média de Hv é cerca de  $1889 \pm 18$  Kg/mm<sup>2</sup> em temperatura ambiente sob 10 kg e o endurecimento da fratura da superfície de  $K_{sc}$  é de cerca de  $7,7 \times 10^6$  Pa·m<sup>1/2</sup>. Além disso, o espécime P31-1 foi tratado com um processo de prensa isostática quente (HIP) em aproximadamente 1600C/ 15Ksi durante cerca de uma hora após a sinterização. O HIP reduz ou substancialmente elimina as porosidades e lacunas no composto para aumentar a densidade do material. Após o HIP, a densidade medida é de cerca 15,25 g/cc (densidade medida em 15,27 g/cc). A dureza medida de Hv é cerca de  $1887 \pm 12$  Kg/mm<sup>2</sup> em temperatura ambiente sob 10 Kg. O fortalecimento da fratura de superfície de  $K_{sc}$  é de cerca de  $7,6 \times 10^6$  Pa·m<sup>1/2</sup>.

Outro exemplo nesta categoria é P32 na Tabela 4 com 5,0% de Re, 5,0% de Co, e 90% de WC em volume (6,75% de Re, 2,88% de Co e 90,38% de Wc em peso). O espécime P32-4

foi sinterizado a vácuo em 1800C durante uma hora. A densidade medida é de cerca de 15,58 g/cc em comparação com a densidade calculada em 15,57 g/cc. A dureza medida de Hv é cerca de 2065 Kg/mm<sup>2</sup> em temperatura ambiente sob 10 Kg. O fortalecimento da fratura da superfície de  $K_{sc}$  é cerca de 5,9 x 10<sup>6</sup> Pa·m<sup>1/2</sup>. O espécime P32-4 foi também HIP em 1600C/15Ksi durante cerca de uma hora após a sinterização. A densidade media é cerca de 15,57 g/cc (densidade calculada em 15,57 g/cc). A dureza média de Hv é cerca de 2010<sub>+12</sub> kg/mm<sup>2</sup> em temperatura ambiente sob 10 kg. O fortalecimento da fratura de superfície de  $K_{sc}$  é cerca de 5,8 x 10<sup>6</sup> Pa·m<sup>1/2</sup>.

O terceiro exemplo é P33 na Tabela 4 que tem 7,5% de Re, 2,5% de Co, e 90% de WC em volume e 9,93% de Re, 1,41% de Co e 88,66% de WC em peso. Na fabricação, o espécime P33-7 foi sinterizado a vácuo em 1950C durante cerca de uma hora e ficou sob sinterização com porosidades e lacunas. A densidade medida é cerca de 15,38 g/cc (densidade calculada em 15387 g/cc). A dureza medida de Hv é cerca de 2081 Kg/mm<sup>2</sup> em temperatura ambiente sob uma força de 10 Kg. O fortalecimento da fratura de superfície de  $K_{sc}$  é cerca de 5,6 x 10<sup>6</sup> Pa·m<sup>1/2</sup>. O espécime P33-7 foi HIP em 1600C/ 15 Ksi durante cerca de uma hora após a sinterização. A densidade media é cerca de 15,82 g/cc (densidade calculada = 15,87 g/cc). A dureza média de Hv é medida em cerca de 2039 + 25 Kg/mm<sup>2</sup> em temperatura ambiente sob 10 Kg. O fortalecimento da fratura de superfície de  $K_{sc}$  é cerca de 6,5 x 10<sup>6</sup> Pa·m<sup>1/2</sup>.

TABELA 5: Metais duros de ligação de liga Re-Co



Densidade (g/c.c.)	21	8,2	7,9	8,1	8,9	21	8,9
Ponto de fusão (°C)		1255	1205	1210	1450	3180	1495
Módulo Teste (Gpa)	21	30,3	32,4	32,2	207	460	211
Última Força de Tração (Mpa)	21	1620	1410	1570	317	1069	234
	760	1170	1035	1455			
	800					620	
	870		690	1150			
	1200					414	
0,2% de Força do produto (Mpa)	21	1310	965	1195	60		
	760	1100	825	1050			
	800						
	870		635				
	1200						
Alongamento da Tração (%)	21	15	17	13	30	>15	
	760	15	20	9			
	800					5	
	870		27				
	1200					2	
Resistência da Oxidação		Exce- len- te	Exce- len- te	Exce- len- te	Bom	Pobre	Bom

A terceira categoria é com base nas matrizes aglutinadoras com superligas com base em Ni de 5 a 40% em volume de todos os materiais no metal duro resultante. As superligas com base em Ni são uma família de ligas de alta temperatura com fortalecimento  $\gamma'$ . Três diferentes ligas de força, Rene'95, Udimet 720, e Udimet 700 são empregadas como exemplos para demonstrar os efeitos da força do aglutinador nas propriedades mecânicas dos metais duros finais. As superligas com base em Ni têm uma alta força especialmente em temperaturas elevadas. Além disso, essas ligas têm boa resistência ambiental tal como resistência a corrosão e oxidação em temperatura elevada. Portanto, as superligas com base em Ni podem ser empregadas para aumentar a dureza dos metais duros de ligação de superliga com base em Ni quando comparados com metais duros de ligação de cobalto. Notavelmente, as forças de tração das superligas com base em Ni são muito mais fortes do que o cobalto de material aglutinador comum como mostrado pela Tabela 6. Isto ainda mostra que as superligas com base em Ni são bons materiais aglutinadores para os metais duros.

Um exemplo para esta categoria é P58 na Tabela 4 que tem 7,5% de Rene'95, 0,6% de VC, e 91,9% de WC em peso e se compara com P54 de ligação de cobalto na Tabela 4 (8% de Co, 0,6% de VC, e 91,4% de WC). A dureza de P58 é significativamente maior do que P54 como mostrado na Tabela 7.

TABELA 7: Comparação de P54 e P58

	Sinterização	HIP	Hv, Kg/mm <sup>2</sup>	Ksc x10 <sup>6</sup> Pa.m <sup>1/2</sup>
P54-1	1350C/ 1 hr	1305°C 15KSI sob ar duran- te 1 hora	2094	8,8
954-2	1380C/ 1 hr		2071	7,8
P54-3	1420C/ 1hr		2107	8,5
P58-1	1350, 1380, 1400, 1420, 1450, 1475 du- rante 1 hora em cada temperatura		2322	7,0
P58-3	1450 C/ 1hr		2272	7,4
P58-5	1500C/ 1hr		2259	7,2
P58-7	1550C/ 1hr		2246	7,3

A quarta categoria é superliga com base em Ni mais Re como aglutinador, por exemplo, aproximadamente de 5% a 40% em volume de todos os materiais no cermet ou metal duro resultante. Devido a adição de Re aumentar o ponto de fusão da liga aglutinadora da superliga com base em Ni mais Re, a temperatura do processamento do metal duro com aglutinador de superliga com base em Ni mais Re aumenta quando o teor de Re aumenta. Vários metais duros com diferentes concentrações de Re são listados na Tabela 8. A Tabela 9 ainda mostra as propriedades medidas dos metais duros na Tabela 8.

TABELA 8: Metal duro com um aglutinador compreendendo a superliga com base em Ni e Re

	Composição, % em peso							Relação de Re para aglutinador	Temperatura de sinterização
	Re	Rene95	U-700	U-720	WC	TiC	TaC		
P17	1,5	0,25			88	3	3	25%	1600 ~ 1750
P18	3	05			88	3	3	50%	1600 ~ 1775
P25	3,75	0,625			88	3	3	62,5%	1650 ~ 1825
P48	3,75	0,625			84	5	5	62,5%	1650 ~ 1825
P50	4,83	1,89			82,75	5,31	5,22	71,9%	1675 ~ 1850
P40	7,57	2,96			78,92	5,32	5,23	71,9%	1675 ~ 1850
P46	11,40	4,45			73,55	5,34	5,24	71,9%	1675 ~ 1850
P51	7,15	0,93			81,55	5,23	5,14	88,5%	1700 ~ 1900
P41	11,10	1,45			77,14	5,20	5,11	88,5%	1700 ~ 1900
P63	12,47	0,86			76,45	5,16	5,07	93,6%	1600 ~ 1750
P19	1,5		4,5		88	3	3	25%	1600 ~ 1775
P20	3		3		88	3	3	50%	1600 ~ 1775
P67	24,37		1,62		64,02	5,04	4,95	93,6%	1950 ~ 2300

TABELA 9: Propriedades de metais duros ligados por superliga com base em Ni e Re

	Temperatura, C		Densidade, g/cc		Hv Kg/ mm <sup>2</sup>	Ksc x10 <sup>6</sup> Pa·m <sup>1/2</sup>
	Sinterização	HIP	Calculada	Medida		
P17	1700		14,15	14,18	2120	6,8
P17	1700	1600	14,15	14,21	2092	7,2
P18	1700		14,38	14,47	2168	5,9

P18	1700	16000	14,38	14,42	2142	6,1
P25	1750		14,49	14,41	2271	6,1
P25	1750	1600	14,49	14,48	2193	6,5
P48	1800	1600	13,91	13,99	2208	6,3
P50	1800	1600	13,9	13,78	2321	6,5
P40	1800		13,86	13,82	2343	
P40	1800	1600	13,86	13,86	2321	6,3
P46	1800		13,81	13,88	2282	7,1
P46	1800	1725	13,81	13,82	2326	6,7
P51	1800	1600	14,11	13,97	2309	6,6
P41	1800	1600	14,18	14,63	2321	6,5
P63	2000		14,31	14,37	2557	7,9
P19	1700		14,11	14,11	2059	7,6
P19	1700	1600	14,11		2012	8,0
P20	1725		14,35	14,52	2221	6,4
P20	1725	1600	14,35	14,35	2151	7,0
P67	2200		14,65	14,21	2113	8,1
P67	2200	1725	14,65	14,34	2210	7,1

Outro exemplo sob a quarta categoria usa uma superliga com base em Ni mais Re e Co como aglutinador que é também cerca de 5% a 40% em volume. Os exemplos de composi-

ções de metais duros ligados por superliga com base em Ni mais Re e Co estão listados na Tabela 10.

TABELA 10: Composição de metais duros ligados por superliga com base em Ni mais Re e Co

	Composição, % em peso						
	Re	Co	Rene95	U-720	U-700	WC	VC
P73	1,8	4,8	2,7			90,4	0,3
P74	1,8	3	4,5			90,4	0,3
P75	0,8	3	4,5			91,4	0,3
P76	0,8	3		4,5		91,4	0,3
P77	0,8	3			4,5	91,4	0,3
P78	0,8	4,5		3		91,4	0,3
P79	0,8	4,5			3,1	91,3	0,3

5                   As medições sobre as amostras selecionadas têm sido realizadas para estudar as propriedades das matrizes aglutinadoras com superligas com base em Ni. Em geral, as superligas com base em Ni não somente exibem excelentes forças em temperaturas elevadas porém também possuem importante

10                   resistência à oxidação e corrosão em altas temperaturas. As superligas com base em Ni têm microestruturas complexas e mecanismos de fortalecimento. Em geral, o fortalecimento das superligas com base em Ni é principalmente devido ao fortalecimento por precipitação de  $\gamma-\gamma'$  e fortalecimento da

15                   solução por sólido. As medições das amostras selecionadas

demonstram que as superligas com base em Ni podem ser empregadas como um material aglutinador de alto desempenho para os metais duros.

A Tabela 11 lista as composições das amostras selecionadas por seus percentuais em peso do peso total dos metais duros. As partículas de WC nas amostras são 0,2 µm no tamanho. A Tabela 12 lista as condições para o processo de duas etapas realizado e os parâmetros de força, parâmetros de dureza e densidades medidos das amostras. A força de fratura Palmqvist de Ksc é calculada da extensão de quebra total da quebra Palmqvist que é produzida pelo Vicker Indentor:  $Ksc = 0,087 * (Hv * W)^{1/2}$ . Observe, por exemplo, Warren e H. Matzke, Proceedings Of the International Conference On The Science of Hard Materials, Jackson, Wyoming, 23-28 de agosto, de 1981. A extensão de quebra e dureza de Hv são medidas em uma carga de 10 Kg durante 15 segundos. Durante cada medição, oito endentações foram feitas em cada espécime e o valor médio foi empregado na computação dos dados listados.

20

TABELA 11

	% em peso						% em volume
	Re	Co	R-95	WC	VC	Re no aglutinador	Agglutinador
P54	0	8	0	91,4	0,6	0	13,13
P58	0	0	7,5	91,9	0,6	0	13,25

P56	1,8	7,2	0	90,4	0,6	20	13,20
P72	1,8	7,2	0	90,7	0,3	20	13,18
P73	1,8	4,8	2,7	90,4	0,3	20	14,00
P74	1,8	3	4,5	90,4	0,3	20	14,24

TABELA 12

Código da amostra	Condição da sinterização	Condição do HIP	Densidade Calculada g/c.c.	Densidade medida g/c.c.	Dureza de Hv, Kg/mm <sup>2</sup>	Fortalecimento de Palmqvist de Ksc, x10 <sup>6</sup> Pam <sup>1/2</sup>
P54-5	1360°C/ 1hr		14,63	14,585	2062+35	8,9+ 0,2
	1360°C/ 1hr	1305°C/ 15Ksi/ 1hr		14,55	2090+22	8,5+ 0,2
P58-7	1550°C/ 1hr		14,50	14,40	2064 ± 12	7,9 ± 0,2
	1550°C/ 1hr	1305°C/ 15Ksi/1hr		14,49	2246 ± 23	7,3 ± 0,1
P56-5	1360°C/ 1hr		14,77	14,71	2064 ± 23	8,2 ± 0,1
	1360°C/ 1hr	1305°C/ 15Ksi/1hr		14,72	2133 ± 34	8,6 ± 0,2
P72-6	1475°C/ 1hr		14,83	14,77	2036 ± 34	8,5 ± 0,6
	1475°C/ 1hr	1305°C/ 15Ksi/1hr		14,91	2041 ± 30	9,1 ± 0,4
P73-6	1475°C/ 1hr		14,73	14,70	2195 ± 23	7,7 ± 0,1

	1475°C/ 1hr	1305°C/ 15Ksi/1hr		14,72	2217 $\pm$ 25	8,1 $\pm$ 0,2
P74-5	1500°C/ 1hr e 1520°C/ 1hr		14,69	14,69	2173 $\pm$ 30	7,4 $\pm$ 0,3
	1500°C/ 1hr e 1520°C/ 1hr	1305°C/ 15Ksi/1hr		14,74	2223 $\pm$ 34	7,7 $\pm$ 0,1

Entre as amostras testadas, a amostra P54 usa o aglutinador convencional consistindo em Co. A superliga com base em Ni R-95 é empregada na amostra P58 para substituir Co como o aglutinador na amostra 54. Como um resultado, o Hv aumenta de 2090 de P54 para 2246 de P58. Na amostra P56, a mistura de Re e Co é empregada para substituir Co como aglutinador e o Hv correspondente aumenta de 2090 de P54 para 2133 de P56. As amostras P72, P73, P74 têm os mesmos teores de Re porém quantidades diferentes de Co e R95. As misturas de Re, Co, e R95 são empregadas nas amostras P73 e P74 para substituir o aglutinador tendo uma mistura de Re e Co como o aglutinador na amostra 72. A dureza de Hz aumenta de 2041 (P72) para 2217 (P72) e 2223 (P74).

TABELA 13

	% em peso	% em Volume
--	-----------	----------------

	Re	R-95	Co	TiC	TaC	WC (2 µm)	WC (0, 2 µm)	Re no aglutinador	Aglutinador
P17	1,5	4,5	0	3	3	88	0	25	8,78
P18	3	3	0	3	3	88	0	50	7,31
P25	3,7 5	2,2 5	0	3	3	88	0	62,5	6,57
P48	3,7 5	2,2 5	0	5	5	84	0	62,5	6,3
P50	4,8 3	1,8 9	0	5,3 1	5,2 2	82, 75	0	71,9	6,4
P51	7,1 5	0,9 3	0	5,2 3	5,1 4	81, 55	0	88,5	6,4
P49	7,5 5	0	3,2 5	5,3 1	5,2 1	78, 68	0	69,9	10
P40	7,5	2,9	0	5,3	5,2	78,	0	71,9	10
A	7	6		2	3	92			
P63	12, 47	0,8 6	0	5,1 6	5,0 7	0	76, 46	93,6	10
P62	14, A 48	0	0	5,0 9	5,0 0	0	75, 43	100	10
P66	27, 92	0	0	4,9 1	4,8 2	0	62, 35	100	20

As medições nas amostras selecionadas também foram realizadas para adicionalmente estudar as propriedades das matrizes aglutinadoras com Re nas matrizes aglutinadoras. A

Tabela 13 lista as amostras selecionadas. As partículas WC com dois tamanhos de partículas diferentes de 2  $\mu\text{m}$  e 0,2  $\mu\text{m}$  foram empregadas. A Tabela 14 lista as condições para o processo de duas etapas realizado, e as densidades, parâmetros de dureza, e parâmetros de fortalecimento, medidos das amostras selecionada.

TABELA 14

Código da amostra	Condição da sinterização	Condição do HIP	Densidade Calculada g/c.c.	Densidade medida g/c.c.	Dureza de Hv, Kg/mm <sup>2</sup>	Fortalecimento** de Palmqvist Ksc, MPam <sup>0,5</sup>
P17-5	1800°C/ 1hr	1600°C/ 15Ksi/ 1hr	14,15	14,21	2092 $\pm$ 3	7,2 $\pm$ 0,1
P18-3	1800°C/ 1hr	1600°C/ 15Ksi/ 1hr	14,38	14,59	2028 $\pm$ 88	6,8 $\pm$ 0,3
P25-3	1750°C/ 1hr	1600°C/ 15Ksi/ 1hr	14,49	14,48	2193 $\pm$ 8	6,5 $\pm$ 0,1
P48-1	1800°C/ 1hr	1600°C/ 15Ksi/ 1hr	13,91	13,99	2208 $\pm$ 12	6,3 $\pm$ 0,4
P50-4	1800°C/ 1hr	1600°C/ 15Ksi/ 1hr	13,9	13,8	2294 $\pm$ 20	6,3 $\pm$ 0,1
P51-1	1800°C/ 1hr	1600°C/	14,11	13,97	2309 $\pm$	6,6 $\pm$ 0,1

		15Ksi/ 1hr			6	
P40A-1	1800°C/ 1hr	1600°C/ 15Ksi/ 1hr	13,86		2321 ± 10	6,3 ± 0,1
P49-1	1800°C/ 1hr	1600°C/ 15Ksi/ 1hr	13,91	13,92	2186 ± 29	6,5 ± 0,2
P62A-6	2200°C/ 1hr	1725°C/ 30Ksi/ 1hr	14,5	14,41	2688 ± 22	6,7 ± 0,1
P63-5	2200°C/ 1hr	1725°C/ 30Ksi/ 1hr	14,31	14,37	2562 ± 31	6,7 ± 0,2
P66-4	2200°C/ 1hr		15,04	14,40	2402 ± 44	8,2 ± 0,4
P66-4	2200°C/ 1hr	1725°C/ 30Ksi/ 1hr	15,04	14,52		
P66-4	2200°C/ 1hr	1725°C/ 30Ksi/1hr + 1950°C/ 30Ksi/ 1hr	15,04	14,53	2438 ± 47	6,9 ± 0,2
P66-5	2200°C/ 1hr		15,04	14,33	2092 ± 23	7,3 ± 0,3
P66-5	2200°C/ 1hr	1725°C/ 30Ksi/	15,04	14,63		

		1hr				
P66-5	2200°C/ 1hr	1725°C/ 30Ksi/ 1hr + 1850°C/ 30Ksi/ 1hr	15,04	14,66	2207 ± 17	7,1 ± 0,2

A Tabela 15 ainda mostra os parâmetros de dureza medidos sob várias temperaturas para as amostras selecionadas, onde a dureza Knoop de  $H_k$  foi medida sob uma carga de 1 Kg durante 15 segundos em um analisador de dureza térmico Nikon QM e R é uma relação de  $H_k$  em uma temperatura elevada de teste sobre  $H_k$  em 25°C. Os espécimes de dureza térmicos de carbeto C2 e C6 foram preparados de SNU434 inseridos que foram adquiridos de MSC Co. (Melville, NY).

TABELA 15: (cada valor medido em uma determinada temperatura é um valor médio de 3 diferentes medições)

Nº do Lote		Temperatura teste, °C							Hv @25°
		25	400	500	600	700	800	900	
P17-5	Hk,	1880 ±		1720 ±	1653 ±	1553 ±	1527 ±		2092 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	10		17	25	29	6		3
	R, %	100		91	88	83	81		
P18-3	Hk,	1773 ±		1513 ±	1467 ±	1440 ±	1340 ±		2028 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	32		12	21	10	16		88

	R, %	100		85	83	81	76		
P25-3	Hk,	1968 ±		1813 ±		1710 ±		1593	2193 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	45		12		0		+ 5	8
	R, %	100		92		87		81	
P40A-1	Hk,	2000 ±		1700 ±	1663 ±	1583 ±	1540 ±		2321 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	35		17	12	21	35		10
	R, %	100		85	83	79	77		
P48-1	Hk,	1925 ±		1613 ±	1533 ±	1477 ±	1377 ±		2208 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	25		15	29	6	15		12
	R, %	100		84	84	77	72		
P49-1	Hk,	2023 ±		1750 ±		1600 ±			2186 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	32		0	6	17			29
	R, %	100		87	81	79			
P50-4	Hk,	2057 ±		1857 ±	1780 ±	1713 ±	1627 ±		2294±
	Kg/mm <sup>2</sup>	25		15	20	6	40		20
	R, %	100		90	87	83	79		
P51-1	Hk,	2050 ±		1797 ±	1743 ±	1693 ±	1607 ±		2309 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	26		6	35	15	15		6
	R, %	100		88	85	83	78		
P62A-6	Hk,	2228 ±		2063 ±		1960 ±		1750	2688 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	29		25		76		+ 0	22
	R, %	100		93		88		79	
P63-5	Hk,	1887 ±		1707 ±	1667 ±	1633 ±	1603 ±		2562 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	6		35	15	6	25		31
	R, %	100							
Carbeto C2	Hk,	1503 ±	988	711 ± 0	584 ±				1685 ±
	Kg/mm <sup>2</sup>	38	+ 9		27				16
	R, %	100	66	47	39				

Carbeto	Hk,	1423 ±		1127 ±	1090 ±	1033 ±	928 ±		1576 ±
C6	Kg/mm <sup>2</sup>	23		25	10	23	18		11
	R, %	100		79	77	73	65		

Inclusão de Re nas matrizes aglutinadoras dos metais duros aumenta o ponto de fusão das ligas aglutinadoras que inclui Co-Re, Superliga de Ni-Re, Superliga de Ni-Re-Co. Por exemplo, o ponto de fusão da amostra P63 é muito maior do que a temperatura de 2200°C empregada para o processo de sinterização de fase sólida. Os valores térmicos da dureza de tais metais duros com Re nos aglutinadores (por exemplo, P17 a P63) são muito maiores do que os metais duros de ligação de Co convencionais (carbeto C2 e C6). Em particular, as medições acima revelam que um aumento na concentração de Re no aglutinador aumenta a dureza em temperaturas altas. Entre as amostras testadas, a amostra P62A com Re puro como o aglutinador tem uma maior dureza. A amostra P63 como uma composição de aglutinador de 94% de Re e 6% da superliga com base em Ni R95 tem a segunda maior dureza. As amostras P40A (71,9% de Re - 29,1% de R95), P49 (69,9% de Re - 30,1% de R95), P51 (88,5% de Re - 11,5% de R 95), e P50 (71,9% de Re - 28,1% de R95) são os seguintes grupos em sua dureza. A amostra P48 com 62,5% de Re e 37,5% de R95 em seu aglutinador tem a menor dureza em temperaturas altas entre os materiais testados em parte por causa de seu teor de Re ser o mais baixo.

Em ainda outra categoria, um metal duro ou cermet pode incluir TiC e Tin ligado em uma matriz aglutinadora

tendo Ni e Mo ou Mo<sub>2</sub>C. O Ni aglutinador de cermet pode ser totalmente ou parcialmente substituído por Re, por Re mais Co, por superliga com base em Ni, por Re mais superliga com base em Ni, e por Re mais Co e superliga com base em Ni. As amostras P38 e P39 são exemplos de cermet de ligação de Ni típico. A amostra P34 é um exemplo de cermet de ligação de Rene95. A P35, P36, P37, e P45 são Re mais cermet de ligação Rene95. As composições de P34, 35, 36, 37, 38, 39 e 45 são listadas na Tabela 16.

10

TABELA 16: Composição de P34 a P39

	% em peso							
	Re	Rene95	Ni 1	Ni 2	TiC	Mo <sub>2</sub> C	WC	TaC
P34		14,47			69,44	16,09		
P35	8,77	10,27			65,37	15,23		
P36	16,6	6,50			62,40	14,46		
P37	23,8	3,09			59,38	13,76		
P38			15,51		68,60	15,89		
P39				15,51	68,60	15,89		
P45	9,37	3,66			15,37	6,51	58,6	6,47

As Tabelas 17-29 listam composições adicionais com 3 faixas de composição exemplares 1, 2 e 3 que podem ser empregadas para aplicações diferentes.

TABELA 17: Composições que usam Re puro como um

aglutinador para ligar um carбето de carbetos de colunas de IVb, Vb, & VIb da Tabela Periódica ou um nitrido de nitridos das colunas IVC & Vb.

		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3		Ponto de Fusão
		% em Volume	% em Volume	% em Peso	% em Volume	% em Volume	% em Peso	
Re Ligado a	Re	7,25 a 40	25 a 74	7,25 a 35	25 a 70	7,25 a 30	25 a 65	3000 a 3200
	TiC	60 a 92,75	26 a 75	65 a 92,75	30 a 75	70 a 92,75	35 a 75	
Re Ligado a	Re	3 a 40	9 a 68	4 a 35	12 a 63	5 a 30	14 a 58	3000 a 3200
	ZrC	60 a 97	32 a 93	65 a 96	37 a 88	70 a 95	42 a 86	
Re Ligado a	Re	16,75 a 40	25 a 52	16,75 a 35	25 a 47	16,75 a 30	25 a 42	3000 a 3200

HfC	HfC	60 a 83,25	48 a 75	65 a 83,25	53 a 75	70 a 83,25	58 a 75	
Re Liga- do a	Re	3 a 40	11 a 72	4 a 35	14 a 67	5 a 30	17 a 62	2700 a 3100
	Vc	60 a 97	28 a 89	65 a 96	33 a 86	70 a 95	38 a 83	
Re Liga- do a	Re	3 a 40	8 a 64	4 a 35	10 a 59	5 a 30	12 a 54	3000 a 3200
	NbC	60 a 97	36 a 92	65 a 96	41 a 90	70 a 95	46 a 88	
Re Liga- do a	Re	3 a 40	4 a 49	4 a 35	6 a 44	5 a 30	7 a 38	3000 a 3200
	TaC	60 a 97	51 a 96	65 a 96	56 a 94	70 a 95	62 a 93	
Re Liga- do a	Re	3 a 40	9 a 68	4 a 35	12 a 63	5 a 30	14 a 57	1700 a 1900
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	32 a 91	65 a 96	37 a 88	70 a 95	43 a 86	

Re Liga- do a	Re	3 a 40	7 a 61	4 a 35	9 a 55	5 a 30	11 a 50	2300 a 2600
	Mo <sub>2</sub> C	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97 93	65 a 96	45 a 91	70 a 95	50 a 89	
Re Liga- do a	Re	2 a 40	25 a 47	20 a 35	25 a 42	20 a 30	25 a 37	2700 a 2900
	WC	WC	60 a 80 75	65 a 80	58 a 75	70 a 80	63 a 75	
Re Liga- do a	Re	3 a 40	11 a 72	4 a 35	14 a 68	5 a 30	17 a 62	2900 a 3100
	TiN	TiN	60 a 97 89	65 a 96	32 a 96	70 a 95	38 a 83	
Re Liga- do a	Re	3 a 40	8 a 66	4 a 35	11 a 61	5 a 30	13 a 55	2900 a 3100
	ZrN	ZrN	60 a 97 92	65 a 96	39 a 89	70 a 95	45 a 87	
Re Liga-	Re	3 a 40	4 a 50	4 a 35	6 a 45	5 a 30	7 a 39	3000 a 3200

do a HfN	HfN	60 a 97	50 a 96	65 a 96	55 a 94	70 a 95	61 a 93	
Re Liga- do a VN	Re	3 a 40	9 a 70	4 a 35	13 a 65	5 a 30	16 a 62	2100 a 2300
	VN	60 a 97	30 a 91	65 a 96	35 a 87	70 a 95	38 a 84	
Re Liga- do a NbN	Re	3 a 40	8 a 66	4 a 35	11 a 61	5 a 30	13 a 55	2300 a 2500
	NbN	60 a 97	34 a 92	65 a 96	39 a 89	70 a 95	45 a 87	
Re Liga- do a TaN	Re	3 a 40	4 a 49	4 a 35	6 a 44	5 a 30	7 a 39	300 a 3200
	TaN	60 a 97	51 a 96	65 a 96	56 a 94	70 a 95	61 a 93	

TABELA 18: Composições que usam superliga com base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar um nitreto de nitratos das colunas IVb & Vb da tabela Periódica.

		Faixa da Composição	Faixa da Composição	Faixa da Composição
		1	2	3

		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
NBSA - TiN	NBSA	3 a 40	4 a 50	4 a 35	6 a 44	5 a 30	7 a 39
	TiN	60 a 97	50 a 96	65 a 96	56 a 94	70 a 95	61 a 93
NBSA - ZrN	NBSA	3 a 40	1,8 a 28	4 a 35	2,4 a 24	5 a 30	3 a 19
	ZrN	60 a 97	72 a 98,2	65 a 96	76 a 97,6	70 a 95	81 a 97
NBSA - VN	NBSA	3 a 40	4 a 47	4 a 35	5 a 42	5 a 30	7 a 35
	VN	60 a 97	53 a 96	65 a 96	58 a 95	70 a 95	64 a 93
NBSA - NbN	NBSA	3 a 40	3 a 42	4 a 35	4 a 37	5 a 30	5 a 32
	NbN	60 a 97	52 a 97	65 a 96	33 a 96	70 a 95	68 a 95
NBSA - TaN	NBSA	3 a 40	1,7 a 27	4 a 35	2,3 a 23	5 s 30	3 a 19
	TaN	60 a 97	73 a 98,3	65 a 56	77 a 97,7	70 a 95	81 a 97

TABELA 19: Composições que usam Re e superliga com base em Ni (Re + NBSA) em um aglutinador para ligar um carbetos de carbetos das colunas IVb, Vb & VIb ou um nitreto de nitretos de IVb & Vb. A faixa do aglutinador é de 1% de Re + 99% de superliga a 99% de Re + 1% de superliga.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+NBSA) - TiC	Re	0,03 a 39,6	0,13 a 73,6	0,04 a 34,7	0,17 a 69,3	0,05 a 29,7	0,21 a 64,3
	NBSA	0,03 a 39,6	0,04 a 51,1	0,04 a 34,7	0,06 a 45,9	0,05 a 29,7	0,07 a 40,4
	TiC	60 a 97	26,1 a 95,1	65 a 96	30,5 a 93,6	70 a 95	35,5 a 92
(Re+NBSA) - ZrC	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67,7	0,04 a 34,7	0,13 a 62,9	0,05 a 29,7	0,16 a 57,5
	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 44,1	0,04 a 34,7	0,05 a 39,0	0,05 a 29,7	0,06 a 33,8
	ZrC	60 a 97	32 a 96	65 a 96	37 a 95	70 a 95	42 a 94
(Re+NBSA) - HfC	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52,1	0,04 a 34,7	0,07 a 46,8	0,05 a 29,7	0,08 a 41,2

	NBSA	0,03 a 39,6	0,02 a 29,2	0,04 a 34,7	0,05 a 25	0,05 a 29,7	0,03 a 21
	HfC	60 a 97	47,7 a 98,1	65 a 96	53 a 97,4	70 a 95	58,6 a 96,7
(Re+NBSA ) - VC	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71,5	0,04 a 34,7	0,15 a 67,0	0,05 a 29,7	0,19 a 61,8
	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 48,4	0,04 a 34,7	0,05 a 43,3	0,05 a 29,7	0,06 a 37,9
	VC	60 a 97	28,3 a 95,6	65 a 96	32,8 a 94,2	70 a 95	38 a 92,8
(Re+NBSA ) - NbC	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 39,6	0,08 a 63,8	0,04 a 34,7	0,1 a 58,7	0,13 a 53,1
	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 39,9	0,04 a 34,7	0,04 a 35	0,05 a 29,7	0,05 a 30
	NbC	60 a 97	36 a 96,9	65 a 96	41 a 95,8	70 a 95	46,6 a 94,8
(Re+NBSA ) - TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 48,8	0,04 a 34,7	0,06 a 43,5	0,05 a 29,7	0,07 a 38

	NBSA	0,03 a 39,6	0,016 a 26,5	0,04 a 34,7	0,02 a 22,6	0,05 a 29,7	0,03 a 18,9
	TaC	60 a 97	51 a 98,3	65 a 96	56,3 a 97,7	70 a 95	61,8 a 97,1
(Re+NBSA) - Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67,3	0,04 a 34,7	0,12 a 62,5	0,05 a 29,7	0,16 a 57,0
	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 43,6	0,04 a 34,7	0,04 a 38,6	0,05 a 29,7	0,05 a 33,4
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	32,4 a 96,4	65 a 96	67,3 a 95,2	70 a 95	42,8 a 94,0
(Re+NBSA) - Mo <sub>2</sub> C	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60,2	0,04 a 34,7	0,1 a 55	0,05 a 29,7	0,12 a 49,3
	NBSA	0,03 a 39,6	0,025 a 36,3	0,04 a 34,7	0,03 a 31,6	0,05 a 29,7	0,04 a 26,9
	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97	39,6 a 97,3	65 a 96	44,8 a 96,4	70 a 95	50,5 a 95,5
(Re+NBSA) - WC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 46,9	0,04 a 34,7	0,05 a 41,7	0,05 a 29,7	0,07 a 36,3

	NBSA	0,03 a 39,6	0,015 a 25	0,047 a 34,7	0,02 a 21,3	0,05 a 29,7	0,025 a 17,8
	WC	60 a 97	52,9 a 98,4	65 a 96	58,2 a 97,9	70 a 95	63,6 a 97,3
(Re+NBSA ) - TiN	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 71,7	0,04 a 34,7	0,15 a 67,2	0,05 a 29,7	0,19 a 62
	NBSA	0,03 a 39,6	0,04 a 48,7	0,04 a 34,7	0,05 a 43,5	0,05 a 29,7	0,06 a 38
	TiN	60 a 97	28 a 95,6	65 a 96	32,6 a 94,1	70 a 95	37,8 a 92,7
(Re+NBSA ) - ZrN	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 65,3	0,04 a 34,7	0,1 a 60,3	0,05 a 29,7	0,14 a 54,8
	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 41,4	0,04 a 34,7	0,04 a 36,5	0,05 a 29,7	0,05 a 31,4
	ZrN	60 a 97	34,5 a 96,7	65 a 96	39,4 a 95,6	70 a 95	45 a 94,5
(Re+NBSA ) - HfN	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 50	0,04 a 34,7	0,06 a 44,7	0,05 a 29,7	0,08 a 39,2

	NBSA	0,03 a 39,6	0,017 a 27,5	0,04 a 34,7	0,02 a 23,5	0,05 a 29,7	0,03 a 19,6
	HfN	60 a 97	49,8 a 98,2	65 a 96	55,1 a 97,6	70 a 95	60,7 a 97
(Re+NBSA) )- VN	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69,6	0,04 a 34,7	0,14 a 65	0,05 a 29,7	0,17 a 59,6
	NBSA	0,03 a 39,6	0,04 a 46,2	0,04 a 34,7	0,05 a 41,1	0,05 a 29,7	0,06 a 35,8
	VN	60 a 97	60 a 97	30 a 96	65 a 96	70 a 95	40 a 93,3
(Re+NBSA) )- NbN	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 65,3	0,04 a 34,7	0,1 a 60,4	0,05 a 29,7	0,14 a 54,9
	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 41,5	0,04 a 34,7	0,04 a 36,5	0,05 a 29,7	0,05 a 31,5
	NbN	60 a 97	34,4 a 96,7	65 a 96	39,4 a 95,6	70 a 95	45 a 94,5
(Re+NBSA) )- TaN	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49,1	0,04 a 34,7	0,06 as 43,8	0,05 a 29,7	0,08 a 38,3
	NBSA	0,03 a 39,6	0,017 a 26,8	0,04 a 22,8	0,02 a 22,8	0,05 a 29,7	0,027 a 19

	TaN	60 a 97	50,7 a 98,3	65 a 96	56 a 97,7	70 a 95	61,5 a 97
--	-----	---------	-------------------	---------	--------------	---------	--------------

TABELA 20: Composições que usam Re e Co (Re + Co) em um aglutinador para ligar um carбето de carбетos de IVb, Vb & VIb ou um nitreto de nitretos de IVb & Vb. A faixa do aglutinador é de 1% de Re + 99% de Co a 99% de Re + 1% de Co.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+Co) - TiC	Re	0,03 a 39,6	0,13 a 73,6	0,04 a 34,7	0,17 a 69,3	0,05 a 29,7	0,21 a 64,3
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 54,1	0,04 a 34,7	0,07 a 4,9	0,05 a 29,7	0,08 a 43,3
	TiC	60 a 97	26,1 a 94,6	65 a 96	30,4 a 92,8	70 a 95	35,5 a 91
(Re+Co) - ZrC	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67,7	0,04 a 34,7	0,13 a 62,9	0,05 a 29,7	0,16 a 57,5
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 47,1	0,04 a 34,7	0,05 a 42,0	0,05 a 29,7	0,06 a 36,6
	ZrC	60 a 97	32 a 96	65 a 96	37 a 95	70 a 95	42 a 93

(Re+Co) - HfC	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52,1	0,04 s 34,7	0,07 a 46,8	0,05 a 29,7	0,08 a 41,2
	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 31,8	0,04 a 34,7	0,028 a 27	0,05 a 29,7	0,035 a 23
	HfC	60 a 97	47,7 a 97,8	65 a 96	53 a 97,1	70 a 95	58,6 a 96,7
(Re+Co) - VC	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71,4	0,04 a 34,7	0,15 a 67,0	0,05 a 29,7	0,19 a 61,8
	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 51,5	0,04 a 34,7	0,05 a 46,3	0,05 a 29,7	0,07 a 40,8
	VC	60 a 97	28,3 a 95,1	65 a 96	32,8 a 93,5	70 a 95	38 a 92
(Re+Co) - NbC	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 63,8	0,04 a 34,7	0,1 a 58,7	0,05 a 29,7	0,13 a 53,1
	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 42,8	0,04 a 34,7	0,04 a 37,8	0,05 a 29,7	0,05 a 32,6
	NbC	60 a 97	36 a 96,5	65 a 96	41 a 95,4	70 a 95	46,6 a 94,2
(Re+Co) - TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 48,8	0,04 a 34,7	0,06 a 43,5	0,05 a 29,7	0,07 a 38
	Co	0,03 a 39,6	0,018 a 28,9	0,04 a 34,7	0,024 a 24,8	0,05 a 29,7	0,03 a 20,8
	TaC	60 a 97	51 a 98	65 a 96	56,3 a 97,4	70 a 95	61,8 a 96,8
(Re+Co) - Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67,3	0,04 a 34,7	0,12 a 62,5	0,05 a 29,7	0,15 a 57,0
	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 46,6	0,04 a 34,7	0,04 a 41,5	0,05 a 29,7	0,06 a 36,1

	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	39,6 a 97	65 a 96	44,8 a 96	70 a 95	50,5 a 95
(Re+Co) - Mo <sub>2</sub> C	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60,2	0,04 a 34,7	0,1 a 55	0,05 a 29,7	0,12 a 49,3
	Co	0,03 a 39,6	0,03a 39,2	0,04 a 34,7	0,04 a 34,3	0,05 a 29,7	0,04 a 29,9
	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97	39,6 a 97,3	65 a 96	44,8 a 96,4	70 a 95	50,5 a 95
(Re+Co) - WC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 46,9	0,04 a 34,7	0,05 a 41,7	0,05 a 29,7	0,07 a 36,3
	Co	0,03 a 39,6	0,017 a 27,4	0,04 a 34,7	0,023 a 23,4	0,05 a 29,7	0,028 a 19,6
	WC	60 a 97	52,9 a 98,4	65 a 96	58,2 a 97	70 a 95	63,6 a 97
(Re+Co) - TiN	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 71,7	0,04 a 34,7	0,15 a 67,1	0,05 a 29,7	0,19 a 62
	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 51,7	0,04 a 34,7	0,05 a 46,5	0,05 a 29,7	0,07 a 41
	TiN	60 a 97	28 a 95	65 a 96	32,6 a 93,4	70 a 95	37,8 a 92
(Re+Co) - ZrN	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 65,3	0,04 a 34,7	0,1 a 60,3	0,05 a 29,7	0,14 a 54,8
	Co	0,03 a 39,6	0,035 a 44,4	0,04 a 34,7	0,046 a 39,3	0,05 a 29,7	0,056 a 34
	ZrN	60 a 97	34,5 a 96,3	65 a 96	39,4 a 95	70 a 95	45 a 93,8
(Re+Co) - HfN	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 50	0,04 a 34,7	0,06 a 44,7	0,05 a 29,7	0,08 a 39,2

	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 30	0,04 a 34,7	0,02 a 25,7	0,05 a 29,7	0,03 a 21,6
	HfN	60 a 97	49,8 a 98,2	65 a 96	55,1 a 97,3	70 a 95	60,7 a 96,6
(Re+Co) - VN	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69,6	0,04 a 34,7	0,14 a 65	0,05 a 29,7	0,17 a 59,6
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 46,3	0,04 a 34,7	0,055 a 44	0,05 a 29,7	0,067 a 38,6
	VN	60 a 97	30 a 95,5	65 a 96	35 a 94	70 a 95	40 a 92,6
(Re+Co) - NbN	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 65,3	0,11 a 60,4	0,11 a 60,4	0,05 a 29,7	0,14 a 54,8
	Co	0,03 a 39,6	0,035 a 44,5	0,04 a 34,7	0,046 a 39,4	0,05 a 29,7	0,057 a 34,1
	NbN	60 a 97	34,4 a 96,7	65 a 96	39,4 a 95,6	70 a 95	45 a 94,5
(Re+Co) - TaN	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49,1	0,04 a 34,7	0,06 a 43,8	0,05 a 29,7	0,075 a 38,3
	Co	0,03 a 39,6	0,019 a 29,2	0,04 a 34,7	0,025 a 25	0,05 a 29,7	0,03 a 21
	TaN	60 a 97	50,7 a 98	65 a 96	56 a 97,4	70 a 95	61,5 a 96,7

TABELA 21: Composições que usam superliga com base em Ni e Co em um aglutinador para ligar um carbeto de carbeto de IVb, Vb & VIb ou um nitreto de nitretos de IVb & Vb. A faixa do aglutinador é de 1% de NBSA + 99% de Co a 99% de 5 NBSA + 1% de Co.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1		2		3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(NBSA+Co) - TiC	NBSA	0,03 a 39,6	0,05 a 51,5	0,04 a 34,7	0,06 a 46,2	0,05 a 29,7	0,08 a 40,6
	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 54,1	0,04 a 34,7	0,07 a 49,2	0,05 a 29,7	0,09 a 43,6
	TiC	60 a 97	45 a 95	65 a 96	50 a 93,6	70 a 95	56 a 92
(NBSA+Co) - ZrC	NBSA	0,03 a 39,6	0,04 a 44,4	0,04 a 34,7	0,05 a 39,2	0,05 a 29,7	0,06 a 57,5
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 47,4	0,04 a 34,7	0,05 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 34
	ZrC	60 a 97	52 a 96	65 a 96	57 a 95	70 a 95	63 a 94
(NBSA+Co) - HfC	NBSA	0,03 a 39,6	0,02 a 29	0,04 s 34,7	0,026 a 25	0,05 a 29,7	0,03 a 21
	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 32	0,04 a 34,7	0,03 a 27,5	0,05 a 29,7	0,036 a 23
	HfC	60 a 97	68 a 98	65 a 96	72 a 97,4	70 a 95	77 a 96,8

(NBSA+Co) - VC	NBSA	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 44	0,05 a 29,7	0,07 a 38
	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,06 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41
	VC	60 a 97	48 a 96	65 a 96	53 a 93,5	70 a 95	59 a 93
(NBSA+Co) - NbC	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 40	0,04 a 34,7	0,04 a 35	0,05 a 29,7	0,05 a 30
	Co	0,03 a 39,6	0,035 a 43	0,04 a 34,7	0,046 a 38	0,05 a 29,7	0,06 a 33
	NbC	60 a 97	57 a 97	65 a 96	62 a 96	70 a 95	67 a 95
(NBSA+Co) - TaC	NBSA	0,03 a 39,6	0,017 a 27	0,04 a 34,7	0,022 a 23	0,05 a 29,7	0,03 a 19
	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 29	0,04 a 34,7	0,024 a 25	0,05 a 29,7	0,03 a 21
	TaC	60 a 97	71 a 98	65 a 96	75 a 97,8	70 a 95	79 a 97
(NBSA+Co) - Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	NBSA	0,03 a 39,6	0,09 a 67,3	0,04 a 34,7	0,12 a 62,5	0,05 a 29,7	0,15 a 57,0
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 44	0,04 a 34,7	0,05 a 39	0,05 a 29,7	0,06 a 34
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	53 a 96	65 a 96	58 a 95	70 a 95	93 a 94
(NBSA+Co) - Mo <sub>2</sub> C	NBSA	0,03 a 39,6	0,26 a 36,5	0,04 a 34,7	0,035 a 32	0,05 a 29,7	0,044 a 27

	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 39	0,04 a 34,7	0,04 a 34	0,05 a 29,7	0,05 a 30
	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97	60 a 97	65 a 96	65 a 96	70 a 95	70 a 95,6
(NBSA+Co) - WC	NBSA	0,03 a 39,6	0,04 a 46,9	0,04 a 34,7	0,05 a 41,7	0,05 a 29,7	0,07 a 36,3
	Co	0,03 a 39,6	0,018 a 27,5	0,04 a 34,7	0,024 a 23,5	0,05 a 29,7	0,03 a 19,7
	WC	60 a 97	52,9 a 98,4	65 a 96	58,2 a 97	70 a 95	63,6 a 97
(NBSA+Co) - TiN	NBSA	0,03 a 39,6	0,4 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 44	0,05 a 29,7	0,07 a 38
	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,065 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41
	TiN	60 a 97	47 a 96	65 a 96	53 a 94	70 a 95	58 a 93
(NBSA+Co) - ZrN	NBSA	0,03 a 39,6	0,03 a 42	0,04 a 34,7	0,04 a 37	0,05 a 29,7	0,05 a 32
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 45	0,04 a 34,7	0,05 a 40	0,05 a 29,7	0,06 a 34
	ZrN	60 a 97	50 a 97	65 a 96	60 a 96	70 a 95	65 a 95
(NBSA+Co) - HfN	NBSA	0,03 a 39,6	0,02 a 31	0,04 a 34,7	0,027 a 27	0,05 a 29,7	0,03 a 22

	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 27	0,04 a 34,7	0,024 a 23	0,05 a 29,7	0,03 a 20
	HfN	60 a 97	70 a 98	65 a 96	74 a 976	70 a 95	78 a 97
(NBSA+Co ) - VN	NBSA	0,03 a 39,6	0,045 a 53	0,04 a 34,7	0,06 a 47	0,05 a 29,7	0,07 a 41
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 44	0,04 a 34,7	0,055 a 40	0,05 a 29,7	0,066 a 34
	VN	60 a 97	50 a 96	65 a 96	55 a 95	70 a 95	61 a 93
(NBSA+Co ) - NbN	NBSA	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 41	0,05 a 29,7	0,06 a 36
	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 40	0,04 a 34,7	0,04 a 35	0,05 a 29,7	0,05 a 30
	NbN	60 a 97	55 a 97	65 a 96	60 a 96	70 a 95	65 a 95
(NBSA+Co ) - TaN	NBSA	0,03 a 39,6	0,02 a 30	0,04 a 34,7	0,26 a 26	0,05 a 29,7	0,32 a 22
	Co	0,03 a 39,6	0,017 a 26	0,04 a 34,7	0,023 a 23	0,05 a 29,7	0,03 a 19
	TaN	60 a 97	70 a 98	65 a 96	75 a 97,7	70 a 95	79 a 97

TABELA 22: Composições que usam Re, superliga com base em Ni (NBSA), e Co em um aglutinador para ligar um carbeto de carbeto de IVb, Vb & VIb ou um nitreto de nitretos de IVb & Vb. A faixa do aglutinador é de 0,5% de Re + 0,5% de Co + 99% de superliga a 99% de Re + 0,5% de Co + 0,5% de

superliga a 0,5% de Re + 99% de Co + 0,5% de superliga.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+Co+NBSA) TiC	Re	0,015 a 39,6	0,06 a 73,6	0,02 a 34,65	0,08 a 69,3	0,025 a 29,7	0,1 a 64,3
	NBSA	0,015 a 39,6	0,02 a 51,3	0,02 a 34,65	0,03 a 46,0	0,025 a 29,7	0,035 a 40,5
	Co	0,015 a 39,6	0,03 a 54,3	0,02 a 34,65	0,36 a 49,0	0,025 a 29,7	0,045 a 43,5
	TiC	60 a 97	26 a 95	65 a 96	30 a 94	70 a 95	32 a 92
(Re+Co+NBSA) - ZrC	Rec	0,015 a 39,6	0,05 a 67,7	0,02 a 34,65	0,06 a 62,9	0,025 a 29,7	0,08 a 57,5
	NBSA	0,015 a 39,6	0,017 a 44,2	0,02 a 34,65	0,022 a 39,1	0,025 a 29,7	0,028 a 33,9
	Co	0,015 a 39,6	0,02 a 47,2	0,02 a 34,65	0,027 a 42,0	0,025 a 29,7	0,034 a 36,7

	ZrC	60 a 97	32 a 96	65 a 96	37 a 95	70 a 95	43 a 94
(Re+Co+ NBSA) - - HfC	Rec	0,015 a 39,6	0,06 a 71,5	0,02 a 34,65	0,08 a 67	0,025 a 29,7	0,09 a 61,8
	NBSA	0,03 a 39,6	0,02 a 48,6	0,02 a 34,65	0,026 a 43,4	0,025 a 29,7	0,032 a 38
	Co	0,015 a 39,6	0,024 a 51,7	0,02 a 34,65	0,032 a 46,4	0,025 a 29,7	0,04 a 40,9
	HfC	60 a 97	68 a 98	65 a 96	72 a 97,4	70 a 95	77 a 96,8
(Re+Co+ NBSA) - VC	Re	0,015 a 39,6	0,06 a 71,5	0,02 a 34,65	0,08 a 67	0,025 a 29,7	0,09 a 61,8
	NBSA	0,015 a 39,6	0,02 a 48,6	0,02 a 34,65	0,026 a 43,4	0,025 a 29,7	0,32 a 38
	Co	0,015 a 39,6	0,024 a 51,7	0,02 a 34,65	0,032 a 46,4	0,025 a 29,7	0,04 a 40,9
	VC	60 a 97	28 a 96	65 a 96	33 a 94	70 a 95	38 a 93
(Re+Co+ NBSA) - NbC	Re	0,015 a 39,6	0,04 a 63,8	0,02 a 34,65	0,05 a 29,7	0,025 a 29,7	0,07 a 53,1

	NBSA	0,015 a 39,6	0,015 a 40	0,02 a 34,65	0,02 a 35	0,025 a 29,7	0,024 a 30
	Co	0,015 a 39,6	0,017 a 43	0,02 a 34,65	0,023 a 37,9	0,025 a 29,7	0,03 a 32,7
	NbC	60 a 97	36 a 97	65 a 96	41 a 96	70 a 95	47 a 95
(Re+Co+ NBSA) - TaC	Re	0,015 a 39,6	0,02 a 48,8	0,02 a 34,65	0,03 a 43,5	0,025 a 29,7	0,04 a 38
	NBSA	0,015 a 39,6	0,008 a 26,6	0,02 a 34,65	0,011 a 22,6	0,025 a 29,7	0,013 a 18,9
	Co	0,015 a 39,6	0,01 a 29	0,02 a 34,65	0,013 a 24,8	0,025 a 29,7	0,016 a 20,8
	TaC	60 a 97	51 a 98,3	65 a 96	56 a 97,7	70 a 95	61,8 a 97,2
(Re+Co+ NBSA) - Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Re	0,015 a 39,6	0,05 a 67,3	0,02 a 34,65	0,06 a 62,5	0,025 a 29,7	0,08 a 57
	NBSA	0,015 a 39,6	0,017 a 43,8	0,02 a 14,65	0,022 a 38,7	0,025 a 29,7	0,027 a 33,5
	Co	0,015 a 39,6	0,02 a 34,65	0,027 a 41,6	0,025 a 29,7	0,025 a 29,7	0,033 a 36,2



		Volume	peso	volume	peso	Volume	Peso
(Re+Co+ NBSA) - TiN	Re	0,015 a 39,6	0,06 a 71,6	0,02 a 34,65	0,08 a 67,2	0,025 a 29,7	0,1 a 62
	NBSA	0,015 a 39,6	0,02 a 48,8	0,02 a 34,65	0,027 a 43,6	0,025 a 29,7	0,032 a 38,2
	Co	0,015 a 39,6	0,025 a 51,9	0,02 a 34,65	0,03 a 46,6	0,03 a 46,6	0,04 a 41
	TiN	60 a 97	28 a 96	65 a 96	33 a 94	70 a 95	38 a 93
(Re+Co+ NBSA) - ZrN	Re	0,015 a 39,6	0,04 a 65,3	0,02 a 34,65	0,06 a 60,3	0,025 a 29,7	0,07 a 54,8
	NBSA	0,015 a 39,6	0,016 a 41,6	0,02 a 34,65	0,02 a 36,6	0,025 a 29,7	0,025 a 31,5
	Co	0,15 a 39,6	0,02 a 44,60	0,02 a 34,65	0,025 a 40	0,025 a 29,7	0,03 a 34
	ZrN	60 a 97	34 a 97	65 a 96	34 a 96	70 a 95	45 a 95
(Re+Co+ NBSA) - HfN	Re	0,015 a 39,6	0,02 a 50	0,02 a 34,65	0,03 a 45	0,025 a 29,7	0,04 a 39
	NBSA	0,015 a 39,6	0,009 a 27,5	0,02 a 34,65	0,011 a 23,5	0,025 a 29,7	0,014 a 20

	Co	0,015 a 39,6	0,01 a 30	0,02 a 34,65	0,013 a 25,8	0,025 a 29,7	0,017 a 22
	HfN	60 a 97	50 a 98	65 a 96	55 a 97	70 a 95	61 a 97
(Re+Co+ NBSA) -	Re	0,015 a 39,6	0,05 a 60	0,02 a 34,65	0,07 a 65	0,025 a 29,7	0,09 a 60
VN	NBSA	0,015 a 39,6	0,02 a 46,4	0,02 a 34,65	0,024 a 41,2	0,05 a 29,7	0,03 a 36
	Co	0,015 a 39,6	0,02 a 49	0,02 a 34,65	0,03 a 44	0,025 a 29,7	0,04 a 39
	VN	60 a 97	30 a 96	65 a 96	35 a 95	70 a 95	40 a 93
(Re+Co+ NBSA) -	Re	0,015 a 39,6	0,04 a 65	0,02 a 34,65	0,06 a 60	0,025 a 29,7	0,07 a 55
NbN	NBSA	0,015 a 39,6	0,016 a 42	0,02 a 34,65	0,02 a 37	0,025 a 29,7	0,025 a 32
	Co	0,015 a 39,6	0,02 a 45	0,02 a 34,65	0,025 a 39,5	0,025 a 29,7	0,03 a 34
	NbN	60 a 97	34 a 97	65 a 96	39 a 96	70 a 95	45 a 95
(Re+Co+ NBSA)	Re	0,015 a 39,6	0 02 a 49	0,02 a 34,65	0,03 a 44	0,025 a 29,7	0,04 a 38
- TaN	NBSA	0,015 a 39,6	0,008 a 27	0,02 a 34,65	0,011 a 23	0,025 a 29,7	0,014 a 19

	Co	0,015 a 39,6	0,01 a 29	0,02 a 34,65	0,013 a 25	0,025 a 29,7	0,016 a 21
	TaN	60 a 97	51 a 98,3	65 a 96	56 a 97,7	70 a 95	61,5 a 97,1

TABELA 23: Composições que usam Re para ligar WC+TiC ou WC+TaC ou WC+TiC+TaC.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
Re - WC+TiC	Re	3 a 40	4 a 54	4 a 35	5 a 49	5 a 30	7 a 43
	WC	40 a 96	40 a 96	43 a 94,5	44 a 94	45 a 93	48 a 93
	TiC	1 a 48	0,3 a 21	1,5 a 43	0,5 a 19	2 a 45	0,6 a 18
Re - WC+TaC	Re	3 a 40	4 a 48	4 a 35	5 a 42	5 a 30	7 a 37
	WC	50 a 96,5	44 a 96	55 a 95	49 a 94	60 a 93,5	55 a 92
	TaC	0,5 a 24	0,5 a 21	1 a 22	1 a 19	1,5 a 18	1,5 a 18
Re - WC+TiC+	Re	3 a 40	4 a 48	4 a 35	5 a 43	5 a 30	7 a 38

TaC	Wc	40 a 95,5	36 a 95	45 a 93	41 a 93	50 a 90	48 a 90
	TiC	1 a 48	0,3 a 22	2 a 45	0,6 a 20	3 a 42	0,9 a 18
	TaC	0,5 a 20	0,5 a 25	1 a 18	0,8 a 22	2 a 15	2 a 17

TABELA 24: Composições que usam superliga com base em Ni (NBSA) para ligar WC+TiC ou WC+TaC ou WC+TiC+TaC.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
NBSA - WC+TiC	NBSA	3 a 40	1,5 a 31	4 a 35	2 a 26	5 a 30	3 a 23
	WC	40 a 96	60 a 98	43 a 94,5	63 a 97	45 a 93	66 a 96,5
	TiC	1 a 48	0,3 a 25	1,5 a 43	0,5 a 22	2 a 45	0,6 a 20
NBSA - WC+TaC	NBSA	3 a 40	1,5 a 26	4 a 35	2 a 22	5 a 30	3 a 18
	WC	50 a 96,5	63 a 98	55 a 95	67 a 97	60 a 93,5	71 a 96
	TaC	0,5 a 24	0,5 a 26	1 a 22	1 a 23	1,5 a 18	1,5 a 21

NBSA - WC+TiC+ TaC	NBSA	3 a 40	1,6 a 26	4 a 35	2 a 22	5 a 30	3 a 19
	Wc	40 a 95,5	51 a 98	45 a 93	56 a 96	50 a 90	61 a 94
	TiC	1 a 48	0,4 a 23	2 a 45	0,8 a 21	3 a 42	1 a 19
	TaC	0,5 a 20	0,6 a 15	1 a 18	1 a 23	2 a 15	2 a 18

TABELA 25: Composições que usam Re e superliga com base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar WC+TiC ou WC+TaC ou WC+TiC+TaC.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1		2		3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
Re+NBSA - WC+TiC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 52	0,04 a 34,65	0,06 a 48	0,05 a 29,7	0,07 a 45
	NBSA	0,03 a 39,6	0,15 a 29	0,04 a 34,65	0,02 a 26	0,05 a 29,7	0,026 a 23
	WC	40 a 96	40 a 98	43 a 94,5	44 a 97	45 a 93	48 a 96,6
	TiC	1 a 48	0,3 a 24	1,5 a 45	0,5 a 22	2 a 42	0,6 a 23

Re+NBSA - WC+TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,65	0,055 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 37
	NBSA	0,03 a 39,6	0,15 a 25	0,04 a 34,65	0,02 a 22	0,05 a 29,7	0,025 a 18
	WC	50 a 96,5	44 a 98	55 a 95	50 a 97	60 a 93	55 a 95,5
	TaC	0,5 a 22	0,5 a 21	1 a 20	1 a 21,5	2 a 18	2 a 19
Re+NBSA - WC+TiC+ TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 53	0,04 a 34,65	0,06 a 47	0,05 a 29,7	0,07 a 41
	NBSA	0,03 a 39,6	0,15 a 30	0,04 a 34,65	0,02 a 5	0,05 a 29,7	0,026 a 21
	Wc	40 a 95,5	40 a 98	45 a 93	46 a 96	50 a 90	51 a 94
	TiC	1 a 48	0,3 a 23	2 a 45	0,6 a 21	3 a 42	0,9 a 19
	TaC	0,5 a 20	0,4 a 26	1 a 18	0,8 a 23	2 a 15	2 a 18

TABELA 26: Composições que usam Re e Co em um aglutinador para ligar WC+TiC ou WC+TaC ou WC+TiC+TaC.

Material	Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
	1		2		3	
	% em	% em	% em	% em	% em	% em
	Volume	peso	volume	peso	Volume	Peso

(Re+Co) - WC+TiC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 53	0,04 a 34,65	0,055 a 48	0,05 a 29,7	0,07 a 43
	Co	0,03 a 39,6	0,017 a 31	0,04 a 34,65	0,023 a 28	0,05 a 29,7	0,03 a 26
	WC	40 a 96	40 a 98	43 a 94,5	44 a 97	45 a 93	48 a 96
	TiC	1 a 48	0,3 a 23	1,5 a 45	0,5 a 22	2 a 42	0,6 a 21
(Re+Co) - WC+TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,65	0,055 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 37
	Co	0,03 a 39,6	0,017 a 28	0,04 a 34,65	0,023 a 24	0,05 a 29,7	0,03 a 20
	WC	50 a 96,5	44 a 98	55 a 95	50 a 97	60 a 93	55 a 95
	TaC	0,5 a 22	0,5 a 24	1 a 20	1 a 21	2 a 18	2 a 19
(Re+Co) - WC+TiC+ TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 53	0,04 a 34,65	0,06 a 47	0,05 a 29,7	0,07 a 41
	Co	0,03 a 39,6	0,017 a 33	0,04 a 34,65	0,023 a 28	0,05 a 29,7	0,03 a 23
	WC	40 a 95,5	40 a 98	45 a 93	46 a 96	50 a 90	51 a 94
	TiC	1 a 48	0,3 a 23	2 a 45	0,6 a 21	3 a 42	0,9 a 19
	TaC	0,5 a 20	0,4 a 26	1 a 18	0,8 a 23	2 a 15	2 a 18

TABELA 27: Composições que usam Co e superliga com

base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar WC+TiC ou WC+TaC ou WC+TiC+TaC.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Co+ NBSA - WC+TiC	Co	0,03 a 39,6	0,018 a 33	0,04 a 34,65	0,024 a 29	0,05 a 29,7	0,03 a 25
	NBSA	0,03 a 39,6	0,015 a 29	0,04 a 34,65	0,02 a 26	0,05 a 29,7	0,03 a 23
	WC	40 a 96	58 a 98	43 a 94,5	61 a 97	45 a 93	64 a 96,7
	TiC	1 a 48	0,3 a 24	1,5 a 45	0,5 a 22	2 a 42	0,7 a 21
(Co+ NBSA - WC+TaC	Co	0,03 a 39,6	0,018 a 28	0,04 a 34,65	0,024 a 24	0,05 a 29,7	0,03 a 20
	NBSA	0,03 a 39,6	0,015 a 25	0,04 a 34,65	0,02 a 22	0,05 a 29,7	0,025 a 18
	WC	50 a 96,5	61 a 98	55 a 95	65 a 97	60 a 93	69 a 95
	TaC	0,5 a 22	0,5 a 24	1 a 20	1 a 21,5	2 a 18	2 a 19
(Co+ NBSA - WC+TiC+ TaC	Co	0,03 a 39,6	0,018 a 33	0,04 a 34,65	0,024 a 28	0,05 a 29,7	0,03 a 23
	NBSA	0,03 a 39,6	0,015 a 30	0,04 a 34,65	0,02 a 25	0,05 a 29,7	0,026 a 21

	WC	40 a 95,5	57 a 98	45 a 93	62 a 96	50 a 90	67 a 94
	TiC	1 a 48	0,4 a 23	2 a 45	0,7 a 21	3 a 42	1 a 19
	TaC	0,5 a 20	0,6 a 26	1 a 18	1 a 23	2 a 15	2 a 18

TABELA 28: Composições que usam Re, superliga com base em Ni (NBSA), e Co em um aglutinador para ligar WC+TiC ou WC+TaC ou WC+TiC+TaC. A faixa de aglutinador é de 0,5% de Re + 99,5% de superliga a 99,5% de Re + 0,5% de superliga a 0,5% de Re + 0,5% de superliga + 99% de Co.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1	2	3	4	5	6
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+Co+NBSA - WC+TiC)	Re	0,015 a 39,8	0,02 a 54	0,02 a 34,8	0,02 7 a 48	0,025 a 29,9	0,035 a 43
	NBSA	0,015 a 39,8	0,00 8 a 29	0,02 a 34,8	0,01 a 26	0,025 a 29,9	0,13 a 24
	Co	0 a 39,6	0 a 32	0 a 34,7	0 a 29	0 a 29,8	0 a 26
	WC	40 a 96	40 a 98	43 a 94,5	44 a 97	45 a 93	48 a 96

	TiC	1 a 48	0,3 a 24	1,5 a 45	0,5 a 22	2 a 42	0,6 a 21
(Re+Co+ NBSA - WC+TaC	Re	0,015 a 39,8	0,02 a 47	0,02 a 34,8	0,02 7 a 42	0,025 a 29,9	0,034 a 37
	NBSA	0,015 a 39,8	0,00 8 a 26	0,02 a 34,8	0,01 a 22	0,025 a 29,9	0,13 a 18
	Co	0 a 39,6	0 a 28	0 a 34,7	0 a 24	0 a 29,8	0 a 20
	WC	50 a 96,5	45 a 98	55 a 95	50 a 97	60 a 93	55 a 95
	TaC	0,5 a 22	0,5 a 24	1 a 20	0,9 a 21	2 a 18	1,8 a 19
(Re+NBSA Co+ - WC+TiC+ TaC	Re	0,015 a 39,8	0,02 a 65	0,02 a 34,8	0,02 7 a 58	0,025 a 29,9	0,034 a 51
	NBSA	0,015 a 39,8	0,00 8 to41	0,02 a 34,8	0,01 a 34	0,025 a 29,9	0,13 a 28
	Co	0 a 39,6	0 a 44	0 a 34,7	0 a 37	0 a 29,8	0 a 31
	WC	35 a 85	35 a 93	40 a 80	41 a 88	40 a 75	47 to83
	TiC	1 a 50	0,3 a 25	2 a 45	0,6 a 22	3 a 40	0,9 a 18
	TaC	0,5 a 25	0,4 a 26	1 a 22	0,8 a 24	2 a 20	1,6 a 21

TABELA 29: Amostras de Material Adicionais e suas Composições.

No. do Lote	Composição em % em peso											
	Re	R95	Co	U700	U720	Ni	WC	TiC	TaC	VC	Mo <sub>2</sub> C	TiN
P80	0	0	14,28				74,15	5,835	5,733			
P81	0,736	0	13,904				73,84	5,811	5,709			
P82	0,707	6,026	7,3694				74,31	5,847	5,744			
P83	0,679	12,82	0				74,83	5,889	5,785			
P84	1,45	5,903	7,1237				73,98	5,822	5,719			
P85	3,06	5,532	6,7027				73,27	5,766	5,665			
P86	1,45	5,903	7,1237				36,99	5,822	5,719			
P87	1,063	4,126	5,4174				78,14	5,676	5,576			
P88	1,861	7,57	9,1372				69,59	5,974	5,869			
P89	1,368	5,572	6,7242				80,31	3,004	3,023			
P99	0	0				5,5	15	29	10		9,5	20
P100	4,8					4,65	14,5	28,1	9,7		9,5	19,4
P101	4,8	4,65					14,5	28,1	9,7		9,5	19,4
P102	4,8	10					14,5	28,1	9,7		9,5	19,4
P103	9,6	20					11,25	21,65	7,5		7,1	14,9
P104	7,2	15					12,8	25	8,6		8,1	17,3
P105	15	7,5					13,6	26,35	9,05		8,9	18,1
P106	14,49	0	0				74,415	5,092	6,003			
P107	15,101	0	0				66,875	7,076	10,95			
P108	11,796	0,7485	0,437				75,727	5,182	6,109			
P109	12,303	0,7807	0,456				68,105	7,206	11,15			

P110	9,5724	1,4017	0,761				76,812	5,256	6,196			
P111	9,9896	1,4628	0,794				69,124	7,314	11,32			
P112	6,9929	2,1369	1,16				78,07	5,342	6,298			
P113	14,131	4,3182	2,343				67,447	5,398	6,363			
P114	21,418	6,545	3,552				56,602	5,454	6,43			
P115	3,8745	3,0258	1,642				79,591	5,446	6,421			
P116	7,988	6,2383	3,385				70,155	5,614	6,619			
P117	12,363	9,6552	5,24				60,119	5,793	6,829			
P118	1,8824	3,5833	1,961				80,561	5,513	6,499			
P119	2,8849	5,4917	3,006				76,345	5,632	6,64			
P120	5,0264	9,5681	5,237				67,339	5,888	6,941			
P121	13,157	0,5708	0				75,078	5,138	6,057			
P122	5,294	2,0672	0				81,057	5,316	6,266			
% em peso												
	Re	R95	Co	U700	U720	Ni	WC	TiC	TaC	VC	Mo2C	TiN
P123	19,908	5,9798	1,976				60,41	5,382	6,344			
P124	20,68	9,9386	2,736				54,464	5,59	6,59			
P125	1,5492	3,0246	0,833				82,731	5,444	6,418			
P126	8,4621	13,217	3,639				61,723	5,948	7,011			
P127	12,191	13,964	3,844				61,702	3,808	4,49			
P128	11,906	0,5166	0				86,99			0,604		
P129	1,6752	2,0169	1,9524				93,77			0,599		
P130	11,97	8,0334	8,085				71,33			0,6		
P131	1,4372	3,8162	3,7765				90,39			0,596		
P132	6,6223	1,3705	1,3191				90,1			0,605		
P133	5,505	1,7196	1,6331				90,55			0,609		
P134	11,43	5,0212	4,8443				78,11			0,613		

P135	1,644	2,3344	2,571				79,98	3,151	10,32			
P136	3,6545	5,1371	5,657				73,439	0	12,11			
P137	4,4642	6,3916	7,039				69,776	0	12,33			
P138	4,899	6,5757	7,241				69,279	1,435	10,57			
P139	6,5381	7,902	8,702				64,651	1,459	10,75			
P140	3,0601	5,5324	6,703				73,274	5,766	5,665			
P141	2,9261	5,2902	6,409				71,233	3,308	10,83			
P142	5,0649	6,1371	7,419				67,113	3,337	10,93			
A	13,853	0,2847	0,314				74,887	5,125	5,538			
B	2,7327	5,0305	0				81,358	5,488	5,391			
C	3,0601	5,5324	6,703				73,274	5,766	5,665			
D	1,8803	3,5793	1,988				81,637	5,507	5,41			
E	7,7737	9,4819	0				71,578	5,633	5,534			
P144	0,6786	12,821	0				74,827	5,889	5,785			
P145	0,6437	5,663	0				80,041	3,194	10,46			
P146	1,8837	5,3941	0				81,786	5,517	5,42			
P147	2,3479	5,1953	0				81,552	5,501	5,404			
P148	1,5479	8,462	0				76,038	3,264	10,69			
P149	1,6376	15,347	0				68,255	3,453	11,31			
J	25,75			2,5			14,5	24,1	8,5		8	16,65
K	11,671	0,4143	0,3935	0	0		86,92			0,605		
L	2,6826	5,5683	0	0	0		91,32			0,43		
M	3,5669	0	14,235	0	0		81,75			0,452		
N	0	7,5039	0	0	0		92,06			0,44		
O	12,515	0	0	0	0,2541		86,63			0,601		
P	1,7969		0	0	6,9309		90,68			0,597		
Q	0		0	0	7,4214		91,98			0,602		

S	8,371		0	0	5,3814		85,67			0,579		
T	1,6967		0	4,681	0		92,98			0,645		
U	3,9002		0	0	3,8684		91,6			0,636		
P150	0		0		14,847		84,68			0,469		
P151	0		3,2554		11,851		84,38			0,51		
	Weight											
	%											
	Re	R95	Co	U700	U720	Ni	WC	TiC	TaC	VC	Mo2C	TiN
P152	1,5219		3,225		11,153		83,59			0,505		
P153	12,451		1,2899		4,6957		81,09			0,478		
P154	2,6486		2,9933		7,6052		54,464			0,509		
P155	0		0		11,55		82,731			0,414		
P156	1,1019		3,5804		6,2338		61,723			0,671		
P157	0		3,761		6,5607		86,24			0,675		
P158	0		0		9,9898		88,04			0,512		
P159	0,9437		3,0766		5,5161		88,41			0,502		
P160	0		3,0946		5,9144		89			0,505		
P161	0		0		8,7552		89,5			0,506		
P162	2,967		5,6892	0,6379	0,654		89,817			0,2346		
P163	0,581		8,1942	0,9297	0,8972		89,156			0,2413		
P164	2,16		7,569	0,8669	0,8333		88,331			0,2391		
P165	2,801		6,7279	1,976	2,026		86,226			0,2422		
P166	2,797		8,3834	1,2603	1,2361		86,082			0,2418		
P167	2,789		11,13	0	0		85,84			0,2411		

As seguintes Tabelas 30-41 listam composições de cerment exemplares com 3 faixas de composições exemplares 1,

2, e 3 que podem ser empregadas para diferentes aplicações.

TABELA 30: Composições que usam Re como um aglutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN+ Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1	2	3	4	5	6
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
Re - TiC+Mo <sub>2</sub> C	Re	3 a 30	9,5 a 65	4 a 27	13 a 60	5 a 25	15 a 58
	TiC	43 a 97	19 a 88	48 a 92	23 a 79	51 a 90	25 a 75
	Mo <sub>2</sub> C	0 a 27	0 a 38	0 a 26	0 a 36	0 a 24	0 a 33
Re - TiN+Mo <sub>2</sub> C	Re	3 a 30	9 a 63	4 a 27	12 a 58	5 a 25	15 a 56
	TiN	43 a 97	21 a 89	48 a 92	25 a 81	51 a 90	27 a 76
	Mo <sub>2</sub> C	0 a 27	0 a 36	0 a 26	0 a 34	0 a 24	0 a 31
Re - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Re	3 a 30	9 a 64	4 a 27	12 a 60	5 a 25	15 a 58
	TiC	0,3 a 93,7	0,2 a 84	0,4 a 91,6	0,3 a 79	0,5 a 89,5	0,35 a 74

	TiN	0,3 a 93,7	0,3 a 85	0,4 a 91,6	0,4 a 80	0,5 a 89,5	0,5 a 76
	Mo <sub>2</sub> C	0 a 27	0 a 36	0 a 26	0 a 34	0 a 24	0 a 31
Re	Re	3 a 30	6 a 65	4 a 27	9 a 61	5 a 25	11 a 65
-	TiC	0,3 a 93,5	0,1 a 83	0,4 a 91,3	0,2 a 78	0,5 a 89,1	0,3 a 74
TiC+TiN	TiN	0,3 a 93,5	0,15 a 85	0,4 a 91,3	0,2 a 80	0,5 a 89,1	0,3 a 76
+Mo <sub>2</sub> C	Mo <sub>2</sub> C	0 a 28	0 a 25	0 a 26	0 a 25	0 a 24	0 a 24
+WC+TaC							
+VC+Cr <sub>2</sub>							
C <sub>3</sub>	WC	0,1 a 20	0,15 a 39	0,15 a 15	0,25 a 32	0,2 a 12	0,35 a 28
	TaC	0,1 a 15	0,15 a 30	0,15 a 12	0,25 a 25	0,2 a 10	0,3 a 22
	VC	0 a 15	0 a 11	0 a 12	0 a 10	0 a 10	0 a 9
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 14	0 a 10	0 a 12

TABELA 31: Composições que usam superliga com base em Ni (NBSA) como um aglutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN+ Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição	Faixa da Composição	Faixa da Composição
----------	--	---------------------	---------------------	---------------------

		1		2		3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
NBSA - TiC+Mo <sub>2</sub> C	NBSA	3 a 30	4 a 41	4 a 27	5 a 37	5 a 25	6 a 34
	TiC	43 a 94	30 a 90	48 a 92	35 a 87	51 a 90	37 a 84
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	4 a 40	4 a 26	6 a 39	5 a 24	8 a 36
NBSA - TiN+Mo <sub>2</sub> C	NBSA	3 a 30	4 a 38	4 a 27	5 a 34	5 a 25	6 a 32
	TiN	43 a 94	32 a 91	48 a 92	37 a 88	51 a 90	40 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	4 a 38	4 a 26	6 a 37	5 a 24	7 a 34
NBSA - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	NBSA	3 a 30	4 a 40	4 a 27	5 a 36	5 a 25	6 a 34
	TiC	0,3 a 93,7	0,2 a 90	0,4 a 91,6	0,3 a 86	0,5 a 89,5	0,4 a 83
	TiN	0,3 a 93,7	0,3 a 91	0,4 a 91,6	0,4 a 88	0,5 a 89,5	0,5 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	4 a 38	4 a 26	6 a 37	5 a 24	8 a 34
NBSA - TiC	NBSA	3 a 30	2 a 40	4 a 27	4 a 36	5 a 25	5 a 34
	TiC	0,3 a 93,3	0,15 a 90	0,4 a 91,3	0,2 a 86	0,5 a 89,3	0,3 a 83

TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C +WC+TaC +VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TiN	0,3 a 93,3	0,25 a 90	0,4 a 91,3	0,35 a 87	0,5 a 89,3	0,45 a 84
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	4 a 25	4 a 26	6 a 26	5 a 24	8 a 25,5
	WC	0,1 a 20	0,25 a 42	0,15 a 15	0,4 a 34	0,2 a 12	0,5 a 29
	TaC	0,1 a 15	0,25 a 36	0,15 a 12	0,4 a 30	0,2 a 10	0,5 a 26
	VC	0 a 15	0 a 14	0 a 12	0 a 12	0 a 10	0 a 10
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

TABELA 32: Composições que usam Re e superliga com base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1		2		3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+NBSA )	Re	0,03 a 29,7	0,1 a 64	0,04 a 26,73	0,13 a 60	0,05 a 24,75	0,16 a 57
	NBSA	0,03 a 29,7	0,03 a 40	0,04 a 26,73	0,05 a 36	0,05 a 24,75	0,06 a 34

+Mo <sub>2</sub> C	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 84
	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	3 a 38	4 a 26	4 a 37	5 a 24	5 a 34
(Re+NBSA ) - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C +WC+TaC +VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Re	0,03 a 29,7	0,06 a 64	0,04 a 26,73	0,1 a 60	0,05 a 24,75	0,12 a 57
	NBSA	0,03 a 29,7	0,02 a 40	0,04 a 26,73	0,03 a 36	0,05 a 24,75	0,04 a 34
	TiC	0,3 a 93,5	0,15 a 89	,40 a 91,3	0,2 a 86	0,5 a 89,1	0,3 a 83
	TiN	0,3 a 93,5	0,15 a 90	,40 a 91,3	0,2 a 87	0,5 a 89,1	0,3 a 84
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	3 a 26	4 a 26	4 a 26	5 a 24	5 a 25,5
	WC	0,1 a 20	0,15 a 42	0,15 a 15	0,25 a 35	0,2 a 12	0,35 a 29
	TaC	0,1 a 15	0,15 a 33	0,15 a 12	0,25 a 28	0,2 a 10	0,3 a 24
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

TABELA 33: Composições que usam Re e Ni em um a-glutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN+ Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+Ni) - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Re	0,03 a 29,7	0,1 a 64	0,04 a 26,73	0,13 a 60	0,05 a 24,75	0,16 a 57
	Ni	0,03 a 29,7	0,04 a 42	0,04 a 26,73	0,05 a 38	0,05 a 24,75	0,06 a 36
	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 83
	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	3 a 38	4 a 26	4 a 37	5 a 24	5 a 34
(Re+Ni) - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C +WC+TaC +VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Re	0,03 a 29,7	0,06 a 64	0,04 a 26,73	0,1 a 60	0,05 a 24,75	0,12 a 57
	Ni	0,03 a 29,7	0,03 a 42	0,04 a 26,73	0,04 a 39	0,05 a 24,75	0,05 a 36
	TiC	0,3 a 93,5	0,15 a 89	,40 a 91,3	0,2 a 85	0,5 a 89,1	0,3 a 82
	TiN	0,3 a 93,5	0,15 a 90	,40 a 91,3	0,2 a 87	0,5 a 89,1	0,3 a 83
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	3 a 26	4 a 26	4 a 26	5 a 24	5 a 25,5
	WC	0,1 a 20	0,15 a 42	0,15 a 15	0,25 a 35	0,2 a 12	0,35 a 29

	TaC	0,1 a 15	0,15 a 33	0,15 a 12	0,25 a 28	0,2 a 10	0,3 a 24
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

TABELA 34: Composições que usam Re e Co em um a-glutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN+ Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
Re+Co - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Re	0,03 a 29,7	0,1 a 64	0,04 a 26,73	0,13 a 60	0,05 a 24,75	0,16 a 57
	Co	0,03 a 29,7	0,04 a 43	0,04 a 26,73	0,05 a 39	0,05 a 24,75	0,06 a 36
	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 83
	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	3 a 38	4 a 26	4 a 37	5 a 24	5 a 34
Re+Co -	Re	0,03 a 29,7	0,06 a 64	0,04 a 26,73	0,1 a 60	0,05 a 24,75	0,12 a 57
	Co	0,03 a 29,7	0,03 a 43	0,04 a 26,73	0,04 a 39	0,05 a 24,75	0,05 a 36

TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C +WC+TaC +VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TiC	0,3 a 93,5	0,15 a 89	,40 a 91,3	0,2 a 85	0,5 a 89,1	0,3 a 82
	TiN	0,3 a 93,5	0,15 a 90	,40 a 91,3	0,2 a 87	0,5 a 89,1	0,3 a 83
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	3 a 26	4 a 26	4 a 26	5 a 24	5 a 25,5
	WC	0,1 a 20	0,15 a 42	0,15 a 15	0,25 a 34	0,2 a 12	0,35 a 29
	TaC	0,1 a 15	0,15 a 32	0,15 a 12	0,25 a 27	0,2 a 10	0,3 a 24
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

TABELA 35: Composições que usam superliga com base em Ni (NBSA) e Co em um aglutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN+ Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1	2	3	4	5	6
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(NBSA+Co)	NBSA	0,03 a 29,7	0,04 a 40	0,04 a 26,73	0,05 a 37	0,05 a 24,75	0,06 a 34
	Co	0,03 a 29,7	0,04 a 43	0,04 a 26,73	0,06 a 39	0,05 a 24,75	0,07 a 37
TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 84



		Volume	peso	volume	peso	Volume	Peso
(NBSA+Ni)	NBSA	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a	0,06 a
		29,7	40	26,73	37	24,75	34
TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Ni	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,055	0,05 a	0,07 a
		29,7	43	26,73	a 39	24,75	36
	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 89	0 a 90	0 a 86
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	4 a 38	4 a 26	6 a 37	5 a 24	7 a 34
(NBSA+Ni)	NBSA	0,03 a	0,02 a	0,04 a	0,035	0,05 a	0,05 a
		29,7	40	26,73	a 36	24,75	34
TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Ni	0,03 a	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a
		29,7	43	26,73	39	24,75	36
+WC+TaC +VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TiC	0,3 a	0,15 a	,40 a	0,2 a	0,5 a	0,3 a
		93,5	89	91,3	86	89,1	83
	TiN	0,3 a	0,25 a	,40 a	0,35 a	0,5 a	0,45 a
		93,5	90	91,3	87	89,1	84
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	4 a 26	4 a 26	6 a 26	5 a 24	7 a 25,5
	WC	0,1 a 20	0,25 a 42	0,15 a 15	0,38 a 35	0,2 a 12	0,5 a 29
	TaC	0,1 a 15	0,23 a 33	0,15 a 12	0,35 a 28	0,2 a 10	0,47 a 24
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

TABELA 37: Composições que usam Re, Co, e superliga com base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar TiC e Mo<sub>2</sub>C, ou TiN e Mo<sub>2</sub>C ou TiC, TiN, e Mo<sub>2</sub>C, ou TiC, TiN, Mo<sub>2</sub>C,

WC, TaC, VC e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+NBSA +Co) - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Re	0,03 a 29,4	0,1 a 64	0,04 a 26,46	0,13 a 60	0,05 a 24,5	0,16 a 57
	NBSA	0,03 a 29,4	0,035 a 40	0,04 a 26,46	0,045 a 36	0,05 a 24,5	0,055 a 34
	Co	0,03 a 29,4	0,04 a 42	0,04 a 26,46	0,05 a 39	0,05 a 24,5	0,06 a 36
	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 84
	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	3 a 38	4 a 26	4 a 37	5 a 24	5 a 34
(Re+NBSA +Co) - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C +WC+TaC +VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Re	0,03 a 29,4	0,06 a 63	0,04 a 26,46	0,1 a 60	0,05 a 24,5	0,13 a 57
	NBSA	0,03 a 29,4	0,02 a 39	0,04 a 26,46	0,03 a 36	0,05 a 24,5	0,04 a 33
	Co	0,03 a 29,4	0,03 a 42	0,04 a 26,46	0,04 a 39	0,05 a 24,5	0,05 a 36
	TiC	0,3 a 93,5	0,15 a 89	0,4 a 91,3	0,2 a 86	0,5 a 89,1	0,3 a 83
	TiN	0,3 a 93,5	0,15 a 90	0,4 a 91,3	0,2 a 87	0,5 a 89,1	0,3 a 84
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	3 a 26	4 a 26	4 a 26	5 a 24	5 a 25,5

	WC	0,1 a 20	0,15 a 42	0,15 a 15	0,25 a 35	0,2 a 12	0,35 a 29
	TaC	0,1 a 15	0,15 a 33	0,15 a 12	0,25 a 28	0,2 a 10	0,3 a 24
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

TABELA 38: Composições que usam Re, Ni e superliga com base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+NBSA +Ni) - TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Re	0,03 a 29,4	0,1 a 63	0,04 a 26,46	0,13 a 60	0,05 a 24,5	0,16 a 57
	NBSA	0,03 a 29,4	0,035 a 40	0,04 a 26,46	0,045 a 36	0,05 a 24,5	0,055 a 33
	Ni	0,03 a 29,4	0,04 a 42	0,04 a 26,46	0,05 a 38	0,05 a 24,5	0,06 a 36
	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 84
	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	3 a 38	4 a 26	4 a 37	5 a 24	5 a 34
	(Re+NBSA +Ni)	Re	0,03 a 29,4	0,06 a 63	0,04 a 26,46	0,1 a 60	0,05 a 24,5

-	TiC+TiN	NBSA	0,03 a	0,02 a	0,04 a	0,03 a	0,05 a	0,04 a
			29,4	39	26,46	36	24,5	33
	+Mo <sub>2</sub> C	Ni	0,03 a	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a
			29,4	42	26,46	38	24,5	36
	+WC+TaC	TiC	0,3 a	0,15 a	0,4 a	0,2 a	0,5 a	0,3 a
			93,5	89	91,3	86	89,1	83
	+VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TiN	0,3 a	0,15 a	0,4 a	0,2 a	0,5 a	0,3 a
			93,5	90	91,3	87	89,1	84
		Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	3 a 26	4 a 26	4 a 26	5 a 24	5 a
								25,5
	WC	0,1 a 20	0,15 a	0,15 a	0,25 a	0,2 a 12	0,35 a	
			42	15	35		29	
	TaC	0,1 a 15	0,15 a	0,15 a	0,25 a	0,2 a 10	0,3 a	
			33	12	28		24	
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11	
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13	

TABELA 39: Composições que usam Re, Ni e Co em um aglutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN+ Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1	2	3	4	5	6
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+Ni +Co)	Re	0,03 a	0,1 a	0,04 a	0,13 a	0,05 a	0,16 a
		29,4	63	26,46	60	24,5	57

-	TiC+TiN	Ni	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a	0,06 a		
			29,4	42	26,46	38	24,5	36		
		+Mo <sub>2</sub> C	Co	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a	0,06 a	
				29,4	42	26,46	39	24,5	36	
			TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 83	
TiN	0 a 94		0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85			
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	3 a 38	4 a 26	4 a 37	5 a 24	5 a 34			
(Re+Ni	+Co)	Re	0,03 a	0,06 a	0,04 a	0,1 a	0,05 a	0,13 a		
			29,4	63	26,46	60	24,5	57		
-	TiC+TiN	Ni	0,03 a	0,025	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a		
			29,4	a 42	26,46	38	24,5	36		
		+Mo <sub>2</sub> C	Co	0,03 a	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a	
				29,4	42	26,46	39	24,5	36	
			+WC+TaC	TiC	0,3 a	0,15 a	0,4 a	0,2 a	0,5 a	0,3 a
					93,5	89	91,3	85	89,1	82
		+VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TiN	0,3 a	0,15 a	0,4 a	0,2 a	0,5 a	0,3 a	
				93,5	90	91,3	87	89,1	83	
			Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	3 a 26	4 a 26	4 a 26	5 a 24	5 a	
								25,5		
	WC	0,1 a 20	0,15 a	0,15 a	0,25 a	0,2 a 12	0,35 a			
			42	15	35		29			
	TaC	0,1 a 15	0,15 a	0,15 a	0,25 a	0,2 a 10	0,3 a			
			33	12	28		24			
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11			
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13			

TABELA 40: Composições que usam Co, Ni e superliga com base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar TiC +

Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Faixa da Composição	
		1		2		3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(NBSA+Ni +Co)	NBSA	0,03 a 29,4	0,04 a 40	0,04 a 26,46	0,5 a 36	0,05 a 24,5	0,06 a 34
	- Ni	0,03 a 29,4	0,04 a 42	0,04 a 26,46	0,055 a 39	0,05 a 24,5	0,07 a 37
	+Mo <sub>2</sub> C	0,03 a 29,4	0,04 a 43	0,04 a 26,46	0,055 a 39	0,05 a 24,5	0,07 a 36
	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 84
	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	4 a 38	4 a 26	5 a 37	5 a 24	7 a 34
	(NBSA+Ni +Co)	NBSA	0,03 a 29,4	0,025 a 40	0,04 a 26,46	0,035 a 36	0,05 a 24,5
- Ni	0,03 a 29,4	0,025 a 42	0,04 a 26,46	0,04 a 38	0,05 a 24,5	0,05 a 36	
TiC+TiN +Mo <sub>2</sub> C	Co	0,03 a 29,4	0,03 a 42	0,04 a 26,46	0,04 a 39	0,05 a 24,5	0,05 a 36
+WC+TaC +VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TiC	0,3 a 93,5	0,15 a 89	0,4 a 91,3	0,2 a 86	0,5 a 89,1	0,3 a 83
	TiN	0,3 a 93,5	0,25 a 90	0,4 a 91,3	0,35 a 87	0,5 a 89,1	0,45 a 84

	Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	4 a 26	4 a 26	6 a 26	5 a 24	7 a 25,5
	WC	0,1 a 20	0,25 a 42	0,15 a 15	0,35 a 35	0,2 a 12	0,5 a 29
	TaC	0,1 a 15	0,25 a 33	0,15 a 12	0,35 a 28	0,2 a 10	0,45 a 24
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

TABELA 41: Composições que usam Re, Ni, Co e superliga com base em Ni (NBSA) em um aglutinador para ligar TiC + Mo<sub>2</sub>C, ou TiN + Mo<sub>2</sub>C ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C, ou TiC + TiN + Mo<sub>2</sub>C + WC + TaC + VC + Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso
(Re+NBSA+Ni+Co)	Re	0,03 a 29,1	0,1 a 63	0,04 a 26,19	0,13 a 59	0,05 a 24,25	0,16 a 57
	NBSA	0,03 a 29,1	0,035 a 39	0,04 a 26,19	0,45 a 36	0,05 a 24,25	0,055 a 33
TiC+TiN+Mo <sub>2</sub> C	Ni	0,03 a 29,1	0,04 a 42	0,04 a 26,19	0,05 a 38	0,05 a 24,25	0,06 a 36
	Co	0,03 a 29,1	0,04 a 42	0,04 a 26,19	0,5 a 38	0,05 a 24,25	0,06 a 36
	TiC	0 a 94	0 a 90	0 a 92	0 a 87	0 a 90	0 a 84

	TiN	0 a 94	0 a 91	0 a 92	0 a 88	0 a 90	0 a 85
	Mo <sub>2</sub> C	3 a 27	3 a 38	4 a 26	4 a 37	5 a 24	5 a 34
(Re+NBSA+Ni+Co)	Re	0,03 a 29,1	0,06 a 63	0,04 a 26,19	0,1 a 59	0,05 a 24,25	0,12 a 56
	NBSA	0,03 a 29,1	0,02 a 39	0,04 a 26,19	0,03 a 35	0,05 a 24,25	0,04 a 33
TiC+TiN	Ni	0,03 a 29,1	0,025 a 42	0,04 a 26,19	0,035 a 38	0,05 a 24,25	0,05 a 35
	Co	0,03 a 29,1	0,025 a 42	0,04 a 26,19	0,03 a 38	0,05 a 24,25	0,05 a 36
+Mo <sub>2</sub> C	TiC	0,3 a 93,5	0,15 a 89	0,4 a 91,3	0,2 a 86	0,5 a 89,1	0,3 a 83
	TiN	0,3 a 93,5	0,15 a 90	0,4 a 91,3	0,2 a 87	0,5 a 89,1	0,3 a 84
+WC+TaC	Mo <sub>2</sub> C	3 a 28	3 a 26	4 a 26	4 a 26	5 a 24	5 a 25,5
	WC	0,1 a 20	0,15 a 42	0,15 a 15	0,25 a 35	0,2 a 12	0,3 a 29
+VC+Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	TaC	0,1 a 15	0,15 a 33	0,15 a 12	0,2 a 28	0,2 a 10	0,3 a 24
	VC	0 a 15	0 a 16	0 a 12	0 a 13	0 a 10	0 a 11
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0 a 15	0 a 18	0 a 12	0 a 15	0 a 10	0 a 13

As seguintes Tabelas 42-51 listam os exemplos adicionais de várias composições com 3 faixas de composição exemplares 1, 2 e 3 que podem ser empregados para diferentes aplicações. Similar a algumas composições descritas acima, 5 algumas composições nas TABELAS 42-51 podem ser particular-

mente úteis para aplicações em temperaturas elevadas como indicado na última lima em "pontos de fusão estimados".

Como descrito acima, os materiais de matriz de aglutinador com rênio, uma superliga com base em níquel ou  
5 uma combinação de ambos podem realçar o desempenho do material em temperaturas elevadas. O tungstênio é tipicamente empregado como um elemento constituinte em várias partículas duras tal como carbetos, nitretos, carbonitretos, boretos e silicidas. Quando empregado como um material de matriz de  
10 aglutinador, ou sozinho ou em combinação com outros metais, o tungstênio pode significativamente aumentar o ponto de fusão dos materiais de metal duro finais para a faixa de cerca de 2500 a cerca de 3500°C. Conseqüentemente, os metais duros empregando materiais de matriz de aglutinador com base  
15 em W podem ser empregados em aplicações em temperaturas elevadas o que pode não ser possível com outros materiais. Notavelmente, certas composições que usam uma matriz de aglutinador com base em tungstênio (W) mostradas nas Tabelas 43-48 mostram pontos de fusão elevados esperados em cerca de  
20 3500°C.

Para as composições feitas de nitretos ligadas por rênio e cobalto na tabela 47, cada nitreto pode ser substituído por uma combinação de um nitreto e carbeto como o material de partícula duro. Um material sob esta designação  
25 inclui partículas duras compreendendo pelo menos um nitreto de nitretos de colunas IVB e VB na tabela periódica e um carbeto dos carbetos das colunas IVB, VB e VIB na tabela periódica, e uma matriz de aglutinador que liga as partículas

duras e compreende rênio e cobalto.

TABELA 42: Re ligado a um Boreto dos Boretos de IVb, Vb & VIb ou um Silicida dos Silicidas de IVb, Vb & VIb.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3		Ponto de Fusão Estimado, °C
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
Re Bound TiB <sub>2</sub>	Re	3 a 40	12,5 a 76	4 a 35	16 a 71	5 a 30	20 a 67	2700 a 3000
	TiB <sub>2</sub>	60 a 97	24 a 87,5	65 a 96	29 a 84	70 a 95	33 a 80	
Re Bound ZrB <sub>2</sub>	Re	3 a 40	9,5 a 70	4 a 35	12,5 a 65	5 a 30	15 a 60	2800 a 3000
	ZrB <sub>2</sub>	60 a 97	30 a 90,5	65 a 96	35 a 87,5	70 a 95	40 a 85	
Re Bound HfB <sub>2</sub>	Re	3 a 40	5,5 a 55,5	4 a 35	7 a 50	5 a 30	9 a 44,5	3000 a 3200
	HfB <sub>2</sub>	60 a 97	44,5 a 94,5	65 a 96	50 a 93	70 a 95	55,5 a 91	
Re Bound VB <sub>2</sub>	Re	3 a 40	11 a 73	4 a 35	14,5 a 69	5 a 30	18 a 64	2000 a 2500
	VB <sub>2</sub>	60 a 97	27 a 89	65 a 96	31 a 85,5	70 a 95	36 a 82	

Re Bound NbB <sub>2</sub>	Re	3 a 40	8 a	4 a 35	11 a	5 a 30	13 a	2800 a
	NbB <sub>2</sub>	60 a 97	34 a	65 a	39 a	70 a	44,5 a	3100
Re Bound TaB <sub>2</sub>	Re	3 a 40	5 a	4 a 35	6,5	5 a 30	8 a 42	3000 a
	TaB <sub>2</sub>	60 a 97	47 a	65 a	53 a	70 a	58 a	3200
Re Bound Cr <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	Re	3 a 40	9,5 a	4 a 35	12,5 a	5 a 30	15 a	1800 a
	Cr <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	60 a 97	30,5 a	65 a	35 a	70 a	40 a	2200
Re Bound MoB <sub>2</sub>	Re	3 a 40	7,5 a	4 a 35	10 a	5 a 30	12,5 a	2000 a
	MoB <sub>2</sub>	60 a 97	36 a	65 a	41 a	70 a	46 a	2400
Re Bound WB	Re	3 a 40	4 a	4 a 35	5 a	5 a 30	6,5 a	2700 a
	WB	60 a 97	53 a	65 a	59 a	70 a	64 a	3000
Re Bound W <sub>2</sub> B	Re	3 a 40	4 a	4 a 35	5 a	5 a 30	6,5 a	2600 a
	W <sub>2</sub> B	60 a 97	53 a	65 a	59 a	70 a	64 a	2900
Re Bound Ti5Si <sub>3</sub>	Re	3 a 40	13 a	4 a 35	17 a	5 a 30	20 a	2000 a
			77		72		68	2400

	Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	60 a 97	23 a 87	65 a 96	28 a 83	70 a 95	32 a 80	
Re Bound Zr <sub>6</sub> Si <sub>5</sub>	Re	3 a 40	10 a 72	4 a 35	14 a 67	5 a 30	17 a 62	2100 a 2500
	Zr <sub>6</sub> Si <sub>5</sub>	60 a 97	28 a 90	65 a 96	33 a 86	70 a 95	38 a 83	
Re Bound NbSi <sub>2</sub>	Re	3 a 40	9 a 69	4 a 35	12 a 64	5 a 30	15 a 59	1800 a 2200
	NbSi <sub>2</sub>	60 a 97	31 a 91	65 a 96	36 a 88	70 a 95	41 a 85	
Re Bound TaSi <sub>2</sub>	Re	3 a 40	7 a 62	4 a 35	9 a 57	5 a 30	12 a 51	2200 a 2600
	TaSi <sub>2</sub>	60 a 97	38 a 93	65 a 96	43 a 91	70 a 95	49 a 88	
Re Bound MoSi <sub>2</sub>	Re	3 a 40	9 a 69	4 a 35	12 a 64	5 a 30	15 a 59	1800 a 2200
	MoSi <sub>2</sub>	60 a 97	31 a 91	65 a 96	36 a 88	70 a 95	41 a 85	
Re Bound WSi <sub>2</sub>	Re	3 a 40	6 a 60	4 a 35	9 a 55	5 a 30	11 a 49	1800 a 2200
	WSi <sub>2</sub>	60 a 97	40 a 94	65 a 96	45 a 91	70 a 95	51 a 89	

TABELA 43: W ligado a um carbeto de carbetos de IVb, Vb & VIb ou um nitreto de nitretos de IVb & Vb.

Material		Faixa da Com- posição 1		Faixa da Com- posição 2		Faixa da Compo- sição 3		Ponto de Fu- são
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	Estima- do, °C
W Bound TiC	W	3 a 40	11 a 72	4 a 35	25,02 a 70	5 a 30	25,02 a 65	3000 a 3300
	TiC	60 a 97	28 a 89	65 a 96	30 a 74,98	70 a 95	35 a 74,98	
W Bound ZrC	W	3 a 40	8 a 66	4 a 35	11 a 61	5 a 30	13 a 56	3200 a 3500
	ZrC	60 a 97	34 a 92	65 a 96	39 a 89	70 a 95	44 a 87	
W Bound HfC	W	3 a 40	4 a 50	4 a 35	6 a 45	5 a 30	7 a 40	3300 a 3500
	HfC	60 a 97	50 a 96	65 a 96	55 a 64	70 a 95	60 a 93	
W Bound VC	W	3 a 40	10 a 70	4 a 35	13 a 65	5 a 30	16 a 60	2700 a 3300
	VC	60 a 97	30 a 90	65 a 96	35 a 87	70 a 95	40 a 84	
W Bound NbC	W	3 a 40	7 a 62	4 a 35	9 a 57	5 a 30	11 a 51	3000 a 3500
	NbC	60 a 97	38 a 93	65 a 96	43 a 91	70 a 95	49 a 89	
W Bound TaC	W	3 a 40	4 a 47	4 a 35	5 a 42	5 a 30	7 a 36	3300 a 3500

	TaC	60 a 97	53 a 96	65 a 96	58 a 95	70 a 95	64 a 93	
W Bound Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	W	3 a 40	8 a 66	4 a 35	11 a 61	5 a 30	13 a 55	1700 a 2100
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	34 a 92	65 a 96	39 a 89	70 a 95	45 a 87	
W Bound Mo <sub>2</sub> C	W	3 a 40	6 a 59	4 a 35	8 a 53	5 a 30	10 a 48	2400 a 2600
	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97	41 a 94	65 a 96	47 a 93	70 a 95	52 a 90	
W Bound WC	W	3 a 40	4 a 45	4 a 35	5 a 40	5 a 30	6 a 35	2800 a 3000
	WC	60 a 97	55 a 96	65 a 96	60 a 95	70 a 95	65 a 94	
W Bound TiN	W	3 a 40	11 a 72	4 a 35	14 a 68	5 a 30	16 a 60	2800 a 3300
	TiN	60 a 97	28 a 89	65 a 96	32 a 86	70 a 95	40 a 84	
W Bound ZrN	W	3 a 40	8 a 64	4 a 35	10 a 59	5 a 30	12 a 53	2900 a 3300
	ZrN	60 a 97	36 a 92	65 a 96	41 a 90	70 a 95	47 a 88	
W Bound HfN	W	3 a 40	4 a 48	4 a 35	6 a 43	5 a 30	7 a 37	3200 a 3500
	HfN	60 a 97	52 a 96	65 a 96	57 a 94	70 a 95	63 a 93	
W Bound VN	W	3 a 40	9 a 68	4 a 35	12 a 63	5 a 30	15 a 58	2000 a 2400

	VN	60 a 97	32 a 91	65 a 96	37 a 88	70 a 95	42 a 85	
W Bound NbN	W	3 a 40	8 a 64	4 a 35	10 a 59	5 a 30	12 a 53	2200 a 2600
	NbN	60 a 97	36 a 92	65 a 96	41 a 90	70 a 95	47 a 88	
W Bound TaN	W	3 a 40	4 a 47	4 a 35	5 a 42	5 a 30	7 a 37	3000 a 3500
	TaN	60 a 97	53 a 96	65 a 96	58 a 95	70 a 95	63 a 93	

TABELA 44: W ligado a um boreto dos boretos de IVb, Vb & VIb ou um silicida de silicidas de IVb, Vb & Vib.

Material		Faixa da Com- posição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Com- posição 3		Ponto de Fusão Estimado, °C
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
W Bound TiB <sub>2</sub>	W	3 a 40	12 a 74	4 a 35	15 a 70	5 a 30	18 a 65	2700 a 3000
	TiB <sub>2</sub>	60 a 97	26 a 88	65 a 96	30 a 85	70 a 95	35 a 82	
W Bound ZrB <sub>2</sub>	W	3 a 40	9 a 68	4 a 35	12 a 63	5 a 30	14 a 58	2800 a 3000
	ZrB <sub>2</sub>	60 a 97	32 a 91	65 a 96	37 a 88	70 a 95	42 a 86	
W Bound HfB <sub>2</sub>	W	3 a 40	5 a 54	4 a 35	7 a 48	5 a 30	8 a 42	3000 a 3400

	HfB <sub>2</sub>	60 a 97	46 a 95	65 a 96	52 a 93	70 a 95	58 a 92	
W Bound VB <sub>2</sub>	W	3 a 40	10 a 72	4 a 35	14 a 67	5 a 30	17 a 62	2000 a 2500
	VB <sub>2</sub>	60 a 97	28 a 90	65 a 96	33 a 86	70 a 95	38 a 83	
W Bound NbB <sub>2</sub>	W	3 a 40	8 a 64	4 a 35	10 a 59	5 a 30	12 a 53	2900 a 3400
	NbB <sub>2</sub>	60 a 97	36 a 92	65 a 96	41 a 90	70 a 95	47 a 88	
W Bound TaB <sub>2</sub>	W	3 a 40	5 a 51	4 a 35	6 a 45	5 a 30	7 a 40	3100 a 3400
	TaB <sub>2</sub>	60 a 97	49 a 95	65 a 96	55 a 94	70 a 95	60 a 93	
W Bound Cr <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	W	3 a 40	9 a 68	4 a 35	12 a 63	5 a 30	14 a 58	1800 a 2200
	Cr3B2	60 a 97	32 a 91	65 a 96	37 a 88	70 a 95	42 a 86	
W Bound MoB <sub>2</sub>	W	3 a 40	7 a 62	4 a 35	9 a 57	5 a 30	12 a 52	2000 a 2400
	MoB <sub>2</sub>	60 a 97	38 a 93	65 a 96	43 a 91	70 a 95	48 a 88	
W Bound WB	W	3 a 40	4 a 45	4 a 35	5 a 39	5 a 30	6 a 34	2700 a 3000
	WB	60 a 97	55 a 96	65 a 96	61 a 95	70 a 95	66 a 94	
W Bound W <sub>2</sub> B	W	3 a 40	3 a 44	4 a 35	5 a 38	5 a 30	6 a 33	2600 a 2900

	W <sub>2</sub> B	60 a 97	56 a 97	65 a 96	62 a 95	70 a 95	67 a 94	
W Bound Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	W	3 a 40 97	12 a 75	4 a 35 96	16 a 71	5 a 30 95	19 a 66	2000 a 2400
	Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	60 a 97	25 a 88	65 a 96	29 a 84	70 a 95	34 a 81	
W Bound Zr <sub>6</sub> Si <sub>5</sub>	W	3 a 40 97	10 a 70	4 a 35 96	13 a 65	5 a 30 95	16 a 60	2100 a 2500
	Zr <sub>6</sub> Si <sub>5</sub>	60 a 97	30 a 90	65 a 96	35 a 87	70 a 95	40 a 84	
W Bound NbSi <sub>2</sub>	W	3 a 40 97	9 a 67	4 a 35 96	11 a 62	5 a 30 95	14 a 57	1800 a 2200
	NbSi <sub>2</sub>	60 a 97	33 a 91	65 a 96	38 a 89	70 a 95	43 a 86	
W Bound TaSi <sub>2</sub>	W	3 a 40 97	7 a 60	4 a 35 96	9 a 55	5 a 30 95	11 a 49	2200 a 2600
	TaSi <sub>2</sub>	60 a 97	40 a 93	65 a 96	45 a 91	70 a 95	51 a 89	
W Bound MoSi <sub>2</sub>	W	3 a 40 97	9 a 67	4 a 35 96	11 a 62	5 a 30 95	14 a 57	1800 a 2200
	MoSi <sub>2</sub>	60 a 97	31 a 91	65 a 96	38 a 89	70 a 95	43 a 86	
W Bound WSi <sub>2</sub>	W	3 a 40 97	6 a 58	4 a 35 96	8 a 53	5 a 30 95	10 a 47	1800 a 2200
	WSi <sub>2</sub>	60 a 97	42 a 94	65 a 96	47 a 92	70 a 95	43 a 90	

TABELA 45: Re e W (Re + W) ligados a um carbeto de

carbetos de IVb, Vb & VIb ou um nitreto de nitretos de IVb & Vb. A faixa de aglutinador é de 1% de Re + 99% de W a 99% de Re + 1% de W.

Material		Faixa da Com- posição		Faixa da Composição		Faixa da Com- posição		Ponto de Fusão Estimado, °C
		1	2	3	4	5	6	
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
Re +W Bound TiC	Re	0,03 a 39,6	0,12 a 73	0,04 a 34,7	0,15 a 69	0,05 a 29,7	0,19 a 64	2900 to 3300
	W	0,03 a 39,6	0,1 a 72	0,04 a 34,7	0,14 a 67	0,05 a 29,7	0,17 a 62	
	TiC	60 a 97	26 a 89	65 a 96	30 a 86	70 a 95	35 a 83	
Re + W Bound ZrC	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 63	0,05 a 29,7	0,15 a 57	3000 to 3400
	W	0,03 a 39,6	0,08 a 66	0,04 a 34,7	0,11 a 61	0,05 a 29,7	0,13 a 55	
	ZrC	60 a 97	32 a 92	65 a 96	37 a 89	70 a 95	42 a 87	
Re +W Bound HfC	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,07 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41	3100 a 3500
	W	0,03 a 39,6	0,05 a 50	0,04 a 34,7	0,06 a 45	0,05 a 29,7	0,07 a 39	
	HfC	60 a 97	48 a 95	65 a 96	53 a 94	70 a 95	58 a 93	

Re +W Bound VC	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,14 a 67	0,15 a 67,0	0,17 a 62	0,19 a 61,8	2700 to 3000
	W	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,13 a 65	0,06 a 46,3	0,15 a 60	0,07 a 40,8	
	VC	60 a 97	28 a 90	33 a 87	32,8 a 93,5	70 a 95	38 a 84	
Re + W Bound NbC	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 64	0,04 a 34,7	0,1 a 59	0,05 a 29,7	0,13 a 53	3200 to 3500
	W	0,03 a 39,6	0,07 a 56	0,04 a 34,7	0,09 a 56	0,05 a 29,7	0,11 a 51	
	NbC	60 a 97	36 a 93	65 a 96	41 a 91	70 a 95	47 a 88	
Re + W Bound TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 43	0,05 a 29,7	0,07 a 38	3100 to 3500
	W	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 41	0,05 a 29,7	0,07 a 36	
	TaC	60 a 97	51 a 96	65 a 96	56 a 95	70 a 95	62 a 93	
Re + W Bound Cr2C3	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 62	0,05 a 29,7	0,14 a 57	1700 a 1900
	W	0,03 a 39,6	0,08 a 65	0,04 a 34,7	0,11 a 60	0,05 a 29,7	0,13 a 55	
	Cr2C3	60 a 97	32 a 92	65 a 96	37 a 89	70 a 95	43 a 87	

Re + W Bound	Re	0,03 a	0,07	0,04 a	0,09	0,05 a	0,11	2400 a
		39,6	a 60	34,7	a 55	29,7	a 49	
	Mo2C	W	0,03 a	0,06	0,04 a	0,08	0,05 a	0,1 a
		39,6	a 58	34,7	a 53	29,7	47	
	Mo2C	60 a	39 a	65 a	45 a	70 a	50 a	
		97	94	96	92	95	90	
Re + W Bound	Re	0,03 a	0,04	0,04 a	0,05	0,05 a	0,07	2700 to
		39,6	a 47	34,7	a 42	29,7	a 36	
	WC	W	0,03 a	0,04	0,04 a	0,05	0,05 a	0,06
		39,6	a 45	34,7	a 40	29,7	a 34	
	WC	60 a	53 a	65 a	58 a	70 a	63 a	
		97	96	96	95	95	94	
Re + W Bound	Re	0,03 a	0,1	0,04 a	0,14	0,05 a	0,17	2900 a
		39,6	a 71	34,7	a 67	29,7	a 62	
	TiN	W	0,03 a	0,1	0,04 a	0,13	0,05 a	0,16
		39,6	a 70	34,7	a 65	29,7	a 60	
	TiN	60 a	28 a	65 a	32 a	70 a	38 a	
		97	90	96	87	95	84	
Re + W Bound	Re	0,03 a	0,08	0,04 a	0,11	0,05 a	0,13	2900 to
		39,6	a 65	34,7	a 60	29,7	a 55	
	ZrN	W	0,03 a	0,08	0,04 a	0,1	0,05 a	0,12
		39,6	a 63	34,7	a 58	29,7	a 53	
	ZrN	60 a	34 a	65 a	39 a	70 a	45 a	
		97	92	96	90	95	88	
Re + W Bound	Re	0,03 a	0,05	0,04 a	0,06	0,05 a	0,08	3100 a
		39,6	a 50	34,7	a 45	29,7	a 39	
HfN	W	0,03 a	0,04	0,04 a	0,06	0,05 a	0,07	3400
		39,6	a 48	34,7	a 43	29,7	a 37	

	HfN	60 a 97	50 a 96	65 a 96	55 a 95	70 a 95	61 a 93	
Re + W Bound	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 65	0,05 a 29,7	0,16 a 59	2100 a
VN	W	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 63	0,05 a 29,7	0,14 a 57	2300
	VN	60 a 97	30 a 91	65 a 96	35 a 88	70 a 95	40 a 86	
Re + W Bound	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 65	0,04 a 34,7	0,11 a 60	0,05 a 29,7	0,13 a 55	2300 a
NbN	W	0,03 a 39,6	0,08 a 63	0,04 a 34,7	0,1 a 58	0,05 a 29,7	0,12 a 53	2500
	NbN	60 a 97	35 a 92	65 a 96	39 a 90	70 a 95	45 a 88	
Re + W Bound	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 44	0,05 a 29,7	0,07 a 38	2900 a
TaN	W	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 36	3400
	TaN	60 a 97	51 a 96	65 a 96	56 a 95	70 a 95	61 a 93	

TABELA 46: Re e W (Re+W) ligados a um boreto de boretos de IVb, Vb & VIb ou um silicida de silicidas de IVb & Vb. A faixa de aglutinador é de 1% de Re + 99% de W a 99% de Re + 1% de W.

Material		Faixa da Composição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Composição 3		Ponto de Fusão Estimado, °C
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
Re +W Bound TiB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,13 a 75	0,04 a 34,7	0,16 a 71	0,05 a 29,7	0,2 a 66	2900 a 3100
	W	0,03 a 39,6	0,12 a 73	0,04 a 34,7	0,15 a 69	0,05 a 29,7	0,18 a 64	
	TiB <sub>2</sub>	60 a 97	24 a 88	65 a 96	29 a 85	70 a 95	33 a 82	
Re + W Bound ZrB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 64	0,05 a 29,7	0,16 a 59	2900 a 3100
	W	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 63	0,05 a 29,7	0,14 a 57	
	ZrB <sub>2</sub>	60 a 97	30 a 91	65 a 96	35 a 88	70 a 95	40 a 86	
Re +W Bound HfB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 54	0,04 a 34,7	0,07 a 50	0,05 a 29,7	0,09 a 44	3100 a 3300
	W	0,03 a 39,6	0,05 a 53	0,04 a 34,7	0,07to 48	0,05 a 29,7	0,08to 42	

	HfB <sub>2</sub>	60 a 97	44 a 95	65 a 96	50 o 93	70 a 95	55 a 92	
Re +W Bound	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 73	0,14 a 67	0,15 a 68	0,17 a 62	0,18 a 63	2000 a
VB <sub>2</sub>	W	0,03 a 39,6	0,1 a 71	0,13 a 65	0,13 a 66	0,15 a 60	0,16 a 61	2200
	VB <sub>2</sub>	60 a 97	27 a 90	33 a 87	31 a 86	70 a 95	36 a 84	
Re + W Bound NbB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 65	0,04 a 34,7	0,1 a 61	0,05 a 29,7	0,13 a 55	2900 a 3100
	W	0,03 a 39,6	0,08 a 63	0,04 a 34,7	0,1 a 58	0,05 a 29,7	0,12 a 53	
	NbB <sub>2</sub>	60 a 97	34 a 92	65 a 96	39 a 90	70 a 95	44 a 88	
Re + W Bound TaB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,07 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41	3100 a 3300
	W	0,03 a 39,6	0,05 a 50	0,04 a 34,7	0,06 a 39	0,05 a 29,7	0,07 a 39	
	TaB <sub>2</sub>	60 a 97	47 a 96	65 a 96	53 a 94	70 a 95	58 a 93	
Re + W Bound Cr <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 64	0,05 a 29,7	0,16 a 59	1900 a 2100

	W	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 62	0,05 a 29,7	0,14 a 57	
	Cr <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	60 a 97	32 a 91	65 a 96	35 a 88	70 a 95	40 a 86	
Re + W Bound MoB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 64	0,04 a 34,7	0,1 a 59	0,05 a 29,7	0,13 a 53	2000 a 2200
	W	0,03 a 39,6	0,07 a 62	0,04 a 34,7	0,09 a 57	0,05 a 29,7	0,11 a 51	
	MoB <sub>2</sub>	60 a 97	36 a 93	65 a 96	41 a 91	70 a 95	46 a 88	
Re + W Bound WB	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 46	0,04 a 34,7	0,05 a 41	0,05 a 29,7	0,07 a 36	2800 a 2900
	W	0,03 a 39,6	0,04 a 44	0,04 a 34,7	0,05 a 39	0,05 a 29,7	0,06 a 34	
	WB	60 a 97	53 a 96	65 a 96	57 a 95	70 a 95	64 a 94	
Re + W Bound W <sub>2</sub> B	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 45	0,04 a 34,7	0,05 a 40	0,05 a 29,7	0,06 a 35	2700 a 2900
	W	0,03 a 39,6	0,03 a 43	0,04 a 34,7	0,05 a 38	0,05 a 29,7	0,06 a 33	

	W <sub>2</sub> B	60 a 97	54 a 97	65 a 96	60 a 95	70 a 95	65 a 94	
Re + W Bound Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,13 a 76	0,04 a 34,7	0,17 a 72	0,05 a 29,7	0,21 a 67	2000 a 2200
	W	0,03 a 39,6	0,12 a 74	0,04 a 34,7	0,16 a 70	0,05 a 29,7	0,19 a 65	
	Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	60 a 97	24 a 88	65 a 96	28 a 84	70 a 95	32 a 81	
Re + W Bound Zr <sub>6</sub> Si <sub>5</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,04 a 34,7	0,14 a 67	0,05 a 29,7	0,17 a 61	2100 a 2400
	W	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 65	0,05 a 29,7	0,15 a 59	
	Zr <sub>6</sub> Si <sub>5</sub>	60 a 97	28 a 90	65 a 96	33 a 87	70 a 95	38 a 84	
Re + W Bound NbSi <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 68	0,04 a 34,7	0,12 a 64	0,05 a 29,7	0,15 a 58	1900 a 2100
	W	0,03 a 39,6	0,09 a 66	0,04 a 34,7	0,11 a 62	0,05 a 29,7	0,14 a 56	
	NbSi <sub>2</sub>	60 a 97	31 a 91	65 a 96	36 a 89	70 a 95	41 a 86	

Re + W Bound TaSi <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 62	0,04 a 34,7	0,09 a 57	0,05 a 29,7	0,12 a 51	2300 a 2500
	W	0,03 a 39,6	0,07 a 60	0,04 a 34,7	0,09 a 54	0,05 a 29,7	0,11 a 49	
	TaSi <sub>2</sub>	60 a 97	38 a 93	65 a 96	43 a 91	70 a 95	49 a 89	
Re + W Bound MoSi <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,12 a 64	0,05 a 29,7	0,15 a 58	1900 a 2100
	W	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,11 a 62	0,05 a 29,7	0,14 a 56	
	MoSi <sub>2</sub>	60 a 97	31 a 91	65 a 96	36 a 89	70 a 95	41 a 86	
Re + W Bound WSi <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60	0,04 a 34,7	0,09 a 54	0,05 a 29,7	0,11 a 49	1900 a 2100
	W	0,03 a 39,6	0,06 a 58	0,04 a 34,7	0,08 a 52	0,05 a 29,7	0,1 a 47	
	WSi <sub>2</sub>	60 a 97	40 a 94	65 a 96	45 a 92	70 a 95	51 a 90	

TABELA 47: Re e Co (Re+Co) ligados a um carbeto de carbetos de IVb, Vb & VIb ou um nitreto de nitretos de IVb & Vb. A faixa de aglutinador é de 1% de Re + 99% de Co a 99%

de Re + 1% de Co.

Material		Faixa da Com- posição 1		Faixa da Composição 2		Faixa da Com- posição 3		Ponto de Fusão Estimado, °C
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
Re +Co Bound TiC	Re	0,03 a 39,6	0,12 a 74	0,04 a 34,7	0,17 a 69	0,05 a 29,7	0,2 a 64	1400 a 3200
	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 54	0,04 a 34,7	0,07 a 49	0,05 a 29,7	0,08 a 43	
	TiC	60 a 97	26 a 95	65 a 96	30 a 93	70 a 95	35 a 91	
Re +Co Bound ZrC	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 68	0,04 a 34,7	0,13 a 63	0,05 a 29,7	0,16 a 57	1400 a 3200
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 42	0,05 a 29,7	0,06 a 37	
	ZrC	60 a 97	32 a 96	65 a 96	37 a 95	70 a 95	42 a 93	
Re +Co Bound HfC	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,07 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41	1400 a 3200
	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 32	0,04 a 34,7	0,03 a 27	0,05 a 29,7	0,04 a 23	
	HfC	60 a 97	48 a 98	65 a 96	53 a 97	70 a 95	59 a 96	
Re +Co Bound VC	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,14 a 67	0,15 a 67,0	0,17 a 62	0,19 a 62	1400 a 2900

	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 51	0,13 a 65	0,06 a 46	0,15 a 60	0,07 a 41	
	VC	60 a 97	28 a 95	33 a 87	33 a 94	70 a 95	38 a 92	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 64	0,04 a 34,7	0,1 a 59	0,05 a 29,7	0,13 a 53	1400 a
NbC	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 43	0,04 a 34,7	0,04 a 38	0,05 a 29,7	0,05 a 33	3200
	NbC	60 a 97	36 a 97	65 a 96	41 a 95	70 a 95	47 a 94	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 43	0,05 a 29,7	0,07 a 38	1400 a
TaC	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 29	0,04 a 34,7	0,024 a 25	0,05 a 29,7	0,03 a 21	3200
	TaC	60 a 97	51 a 98	65 a 96	56 a 97	70 a 95	62 a 97	
Re +Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 62	0,05 a 29,7	0,15 a 57	1400 a
Cr2C3	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 41	0,05 a 29,7	0,06 a 36	1900
	Cr2C3	60 a 97	32 a 96	65 a 96	37 a 95	70 a 95	43 a 93	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60	0,04 a 34,7	0,09 a 55	0,05 a 29,7	0,11 a 49	1400 a
Mo2C	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 39	0,04 a 34,7	0,04 a 34	0,05 a 29,7	0,05 a 29	2600
	Mo2C	60 a 97	40 a 97	65 a 96	45 a 96	70 a 95	50 a 95	

Re + Co Bound WC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 36	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,017 a 27	0,04 a 34,7	0,023 a 23	0,05 a 29,7	0,028 a 20	2900
	WC	60 97	a 53 96	a 65 96	a 58 95	a 70 95	a 63 94	
Re + Co Bound TiN	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,04 a 34,7	0,15 a 67	0,05 a 29,7	0,19 a 62	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,06 a 46	0,05 a 29,7	0,07 a 41	3200
	TiN	60 97	a 28 95	a 65 96	a 33 93	a 70 95	a 38 92	
Re + Co Bound ZrN	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 65	0,04 a 34,7	0,11 a 60	0,05 a 29,7	0,14 a 55	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 44	0,04 a 34,7	0,05 a 39	0,05 a 29,7	0,06 a 34	3200
	ZrN	60 97	a 34 96	a 65 96	a 39 95	a 70 95	a 45 94	
Re + Co Bound HfN	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 50	0,04 a 34,7	0,06 a 45	0,05 a 29,7	0,08 a 39	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,019 a 30	0,04 a 34,7	0,026 a 26	0,05 a 29,7	0,032 a 22	3200
	HfN	60 97	a 50 98	a 65 96	a 55 97	a 70 95	a 61 97	
Re + Co Bound VN	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 70	0,04 a 34,7	0,14 a 65	0,05 a 29,7	0,17 a 60	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,05 a 44	0,05 a 29,7	0,07 a 39	2300

	VN	60 a 97	30 a 96	65 a 96	35 a 94	70 a 95	40 a 93	
Re + Co Bound NbN	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 65	0,04 a 34,7	0,11 a 60	0,05 a 29,7	0,14 a 55	1400 a 2500
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 45	0,04 a 34,7	0,05 a 39	0,05 a 29,7	0,06 a 34	
	NbN	60 a 97	34 a 96	65 a 96	39 a 95	70 a 95	45 a 94	
Re + Co Bound TaN	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 44	0,05 a 29,7	0,07 a 38	1400 a 3200
	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 29	0,04 a 34,7	0,025 a 25	0,05 a 29,7	0,03 a 21	
	TaN	60 a 97	51 a 98	65 a 96	56 a 97	70 a 95	62 a 98	

TABELA 48: Re e Co (Re+Co) ligados a um boreto de boretos de IVb, Vb & VIb ou um silicida de silicidas de IVb & Vb. A faixa de aglutinador é de 1% de Re + 99% de Co a 99% de Re + 1% de Co.

Material		Faixa da Com- posição		Faixa da Composição		Faixa da Composição		Ponto de Fusão Estimado, °C
		1	2	2	3	3		
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
Re +Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,13 a 75	0,04 a 34,7	0,18 a 71	0,05 a 29,7	0,22 a 66	1400 a

TiB <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 56	0,04 a 34,7	0,07 a 51	0,05 a 29,7	0,08 a 45	3100
	TiB <sub>2</sub>	60 a 97	24 a 34	65 a 96	29 a 92	70 a 95	34 a 90	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 64	0,05 a 29,7	0,17 a 59	1400 a
	ZrB <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,05 a 34,7	0,05 a 44	0,05 a 29,7	
	ZrB <sub>2</sub>	60 a 97	30 a 96	65 a 96	35 a 94	70 a 95	40 a 93	
Re +Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,06 a 55	0,04 a 34,7	0,08 a 50	0,05 a 29,7	0,09 a 44	1400 a
	HfB <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,2 a 34	0,04 a 34,7	0,03 a 30	0,05 a 29,7	
	HfB <sub>2</sub>	60 a 97	45 a 98	65 a 96	50 o 97	70 a 95	56 a 96	
Re +Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,12 a 73	0,14 a 67	0,16 a 69	0,17 a 62	0,2 a 63	1400 a
	VB <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 53	0,13 a 65	0,06 a 48	0,15 a 60	
	VB <sub>2</sub>	60 a 97	27 a 95	33 a 87	31 a 93	70 a 95	36 a 91	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 66	0,04 a 34,7	0,12 a 61	0,05 a 29,7	0,14 a 55	1400 a
	NbB <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 45	0,04 a 34,7	0,05 a 40	0,05 a 29,7	
	NbB <sub>2</sub>	60 a 97	34 a 96	65 a 96	39 a 95	70 a 95	45 a 94	

Re + Co Bound TaB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,07 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 32	0,04 a 34,7	0,03 a 27	0,05 a 29,7	0,035 a 23	3300
	TaB <sub>2</sub>	60 a 97	48 a 98	65 a 96	53 a 97	70 a 95	58 a 96	
Re + Co Bound Cr <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 65	0,05 a 29,7	0,17 a 59	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,05 a 44	0,05 a 29,7	0,07 a 38	2100
	Cr <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	60 a 97	30 a 96	65 a 96	35 a 93	70 a 95	41 a 93	
Re + Co Bound MoB <sub>2</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 64	0,04 a 34,7	0,1 a 59	0,05 a 29,7	0,13 a 53	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 43	0,04 a 34,7	0,04 a 38	0,05 a 29,7	0,05 a 33	2200
	MoB <sub>2</sub>	60 a 97	36 a 97	65 a 96	41 a 95	70 a 95	46 a 94	
Re + Co Bound WB	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 46	0,04 a 34,7	0,05 a 41	0,05 a 29,7	0,07 a 36	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,017 a 27	0,04 a 34,7	0,022 a 23	0,05 a 29,7	0,028 a 19	2900
	WB	60 a 97	53 a 98	65 a 96	59 a 98	70 a 95	64 a 97	
Re + Co Bound W <sub>2</sub> B	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 45	0,04 a 34,7	0,05 a 40	0,05 a 29,7	0,06 a 35	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,016 a 26	0,04 a 34,7	0,021 a 22	0,05 a 29,7	0,027 a 19	2900

	W <sub>2</sub> B	60 a 97	55 a 98	65 a 96	60 a 98	70 a 95	65 a 97	
Re +Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,14 a 76	0,04 a 34,7	0,18 a 72	0,05 a 29,7	0,23 a 67	1400 a
Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,06 a 57	0,04 a 34,7	0,07 a 52	0,05 a 29,7	0,09 a 47	2200
	Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	60 a 97	24 a 94	65 a 96	28 a 92	70 a 95	32 a 90	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,04 a 34,7	0,15 a 67	0,05 a 29,7	0,19 a 62	1400 a
Zr <sub>6</sub> Si <sub>5</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,05 a 51	0,04 a 34,7	0,06 a 46	0,05 a 29,7	0,07 a 41	2400
	ZrN	60 a 97	28 a 95	65 a 96	33 a 94	70 a 95	38 a 92	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 64	0,05 a 29,7	0,16 a 58	1400 a
NbSi <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 48	0,04 a 34,7	0,05 a 43	0,05 a 29,7	0,06 a 37	2100
	NbSi <sub>2</sub>	60 a 97	31 a 96	65 a 96	36 a 94	70 a 95	41 a 93	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 62	0,04 a 34,7	0,1 a 57	0,05 a 29,7	0,12 a 51	1400 a
TaSi <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,03 a 41	0,04 a 34,7	0,04 a 36	0,05 a 29,7	0,05 a 31	2500
	TaSi <sub>2</sub>	60 a 97	38 a 97	65 a 96	43 a 96	70 a 95	49 a 95	
Re + Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 69	0,04 a 34,7	0,13 a 64	0,05 a 29,7	0,16 a 59	1400 a

MoSi <sub>2</sub>	Co	0,03 a 39,6	0,04 a 48	0,04 a 34,7	0,05 a 43	0,05 a 29,7	0,07 a 38	2100
	MoSi <sub>2</sub>	60 a 97	31 a 96	65 a 96	36 a 94	70 a 95	41 a 93	
Re +Co Bound	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60	0,04 a 34,7	0,09 a 55	0,05 a 29,7	0,11 a 49	1400 a
	WSi <sub>2</sub>	0,03 a 39,6	0,03 a 39	0,04 a 34,7	0,04 a 34	0,05 a 29,7	0,046 a 29	
	WSi <sub>2</sub>	60 a 97	40 a 97	65 a 96	45 a 96	70 a 95	51 a 95	2100

TABELA 49: Re e Mo (Re+Mo) ligados a um carбето de carbetos de IVb, Vb & VIb. A faixa de aglutinador é de 1% de Re + 99% de Mo a 99% de Re + 1% de Mo.

Material		Faixa da Com- posição		Faixa da Composição		Faixa da Com- posição		Ponto de Fusão Estimado, °C
		1		2		3		
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
Re +Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,12 a 74	0,04 a 34,7	0,16 a 69	0,05 a 29,7	0,2 a 64	2600 to
	TiC	0,03 a 39,6	0,06 a 57	0,04 a 34,7	0,07 a 52	0,05 a 29,7	0,09 a 46	
	TiC	60 a 97	26 a 94	65 a 96	30 a 92	70 a 95	35 a 90	3200
Re +Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 68	0,04 a 34,7	0,13 a 63	0,05 a 29,7	0,16 a 57	2600 to

ZrC	Mo	0,03 a 39,6	0,04 a 50	0,04 a 34,7	0,06 a 45	0,05 a 29,7	0,07 a 39	3200
	ZrC	60 a 97	32 a 95	65 a 96	37 a 94	70 a 95	42 a 92	
Re +Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,07 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41	2600 to 3200
	HfC	Mo 39,6	0,02 a 34	0,04 a 34,7	0,03 a 30	0,05 a 29,7	0,04 a 25	
	HfC	60 a 97	48 a 98	65 a 96	53 a 97	70 a 95	59 a 96	
Re +Mo Bound VC	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,14 a 67	0,15 a 67,0	0,17 a 62	0,18 a 62	2600 to 2900
	Mo	0,03 a 39,6	0,05 a 55	0,13 a 65	0,07 a 49	0,15 a 60	0,08 a 44	
	VC	60 a 97	28 a 95	33 a 87	33 a 93	70 a 95	38 a 91	
Re + Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 64	0,04 a 34,7	0,1 a 59	0,05 a 29,7	0,13 a 53	2600 to 3200
	NbC	Mo 39,6	0,04 a 46	0,04 a 34,7	0,05 a 41	0,05 a 29,7	0,06 a 35	
	NbC	60 a 97	36 a 96	65 a 96	41 a 95	70 a 95	47 a 94	
Re + Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 43	0,05 a 29,7	0,07 a 38	2600 to 3200
	TaC	Mo 39,6	0,02 a 31	0,04 a 34,7	0,028 a 27	0,05 a 29,7	0,03 a 22	

	TaC	60 a 97	51 a 98	65 a 96	56 a 97	70 a 95	62 a 96	
Re +Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 62	0,05 a 29,7	0,15 a 57	1700 to
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0,03 a 39,6	0,04 a 50	0,04 a 34,7	0,06 a 45	0,05 a 29,7	0,07 a 39	1900
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	32 a 95	65 a 96	37 a 94	70 a 95	43 a 92	
Re + Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60	0,04 a 34,7	0,09 a 55	0,05 a 29,7	0,11 a 49	2500 to
	Mo <sub>2</sub> C	0,03 a 39,6	0,03 a 42	0,04 a 34,7	0,04 a 37	0,05 a 29,7	0,05 a 32	2600
	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97	40 a 97	65 a 96	45 a 96	70 a 95	50 a 95	
Re + Mo Bound	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 36	2600 To
	WC	0,03 a 39,6	0,019 a 30	0,04 a 34,7	0,026 a 26	0,05 a 29,7	0,032 a 22	2900
	WC	60 a 97	53 a 98	65 a 96	58 a 97	70 a 95	64 a 97	

TABELA 50: Re e Ni (Re+Ni) ligados a um carbeto de carbetos de IVb, Vb & VIb. A faixa de aglutinador é de 1% de Re + 99% de Ni a 99% de Re + 1% de Ni.

Material		Faixa da Com- posição	Faixa da Com- posição	Faixa da Com- posição	Ponto de Fusão
		1	2	3	Estimado,

		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	°C
Re +Ni Bound TiC	Re	0,03 a 39,6	0,12 a 74	0,04 a 34,7	0,17 a 69	0,05 a 29,7	0,2 a 64	1400 a
	Ni	0,03 a 39,6	0,05 a 54	0,04 a 34,7	0,06 a 49	0,05 a 29,7	0,08 a 43	
	TiC	60 a 97	26 a 95	65 a 96	30 a 93	70 a 95	35 a 91	
Re +Ni Bound ZrC	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 68	0,04 a 34,7	0,13 a 63	0,05 a 29,7	0,16 a 57	1400 a
	Ni	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 42	0,05 a 29,7	0,06 a 36	
	ZrC	60 a 97	32 a 96	65 a 96	37 a 95	70 a 95	42 a 93	
Re +Ni Bound HfC	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,07 a 47	0,05 a 29,7	0,08 a 41	1400 a
	Co	0,03 a 39,6	0,02 a 31	0,04 a 34,7	0,027 a 27	0,05 a 29,7	0,034 a 23	
	HfC	60 a 97	48 a 98	65 a 96	53 a 97	70 a 95	59 a 96	
Re +Ni Bound VC	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,14 a 67	0,15 a 67,0	0,17 a 62	0,19 a 62	1400 a
	Ni	0,03 a 39,6	0,04 a 51	0,13 a 65	0,06 a 46	0,15 a 60	0,07 a 40	
	VC	60 a 97	28 a 95	33 a 87	33 a 94	70 a 95	38 a 92	

Re + Ni Bound	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 64	0,04 a 34,7	0,1 a 59	0,05 a 29,7	0,13 a 53	1400 a
	Ni	0,03 a 39,6	0,03 a 43	0,04 a 34,7	0,04 a 37	0,05 a 29,7	0,05 a 32	3200
	NbC	60 a 97	36 a 97	65 a 96	41 a 95	70 a 95	47 a 94	
Re + Ni Bound	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 43	0,05 a 29,7	0,07 a 38	1400 a
	Ni	0,03 a 39,6	0,018 a 29	0,04 a 34,7	0,024 a 25	0,05 a 29,7	0,03 a 21	3200
	TaC	60 a 97	51 a 98	65 a 96	56 a 97	70 a 95	62 a 97	
Re + Ni Bound	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 62	0,05 a 29,7	0,15 a 57	1400 a
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0,03 a 39,6	0,04 a 46	0,04 a 34,7	0,05 a 41	0,05 a 29,7	0,06 a 36	1900
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	32 a 96	65 a 96	37 a 95	70 a 95	43 a 93	
Re + Ni Bound	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60	0,04 a 34,7	0,09 a 55	0,05 a 29,7	0,11 a 49	1400 a
	Mo <sub>2</sub> C	0,03 a 39,6	0,03 a 39	0,04 a 34,7	0,04 a 34	0,05 a 29,7	0,05 a 29	2600
	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97	40 a 97	65 a 96	45 a 96	70 a 95	50 a 95	
Re + Ni Bound	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,06 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 36	1400 a
	WC	0,03 a 39,6	0,017 a 27	0,04 a 34,7	0,022 a 23	0,05 a 29,7	0,028 a 19	2900

	WC	60 a	53 a	65 a	58 a	70 a	64 a	
		97	98	96	98	95	97	

TABELA 51: Re e Cr (Re+Cr) ligados a um carbeto de carbetos de IVb, Vb & VIb. A faixa de aglutinador é de 1% de Re + 99% de Cr a 99% de Re + 1% de Cr.

Material		Faixa da Com- posição 1		Faixa da Com- posição 2		Faixa da Com- posição 3		Ponto de Fusão Estimado, °C
		% em Volume	% em peso	% em volume	% em peso	% em Volume	% em Peso	
Re +Cr Bound TiC	Re	0,03 a 39,6	0,13 a 74	0,04 a 34,7	0,17 a 69	0,05 a 29,7	0,2 a 64	1800 a 3200
	Cr	0,03 a 39,6	0,04 a 48	0,04 a 34,7	0,05 a 43	0,05 a 29,7	0,06 a 39	
	TiC	60 a 97	26 a 96	65 a 96	30 a 94	70 a 95	36 a 93	
Re +Cr Bound ZrC	Re	0,03 a 39,6	0,1 a 68	0,04 a 34,7	0,13 a 63	0,05 a 29,7	0,16 a 57	1800 a 3200
	Cr	0,03 a 39,6	0,03 a 41	0,04 a 34,7	0,04 a 36	0,05 a 29,7	0,05 a 32	
	ZrC	60 a 97	32 a 97	65 a 96	37 a 95	70 a 95	42 a 94	
Re +Cr Bound HfC	Re	0,03 a 39,6	0,05 a 52	0,04 a 34,7	0,07 a 47	0,05 a 29,7	0,09 a 41	1800 a 3200
	Cr	0,03 a 39,6	0,017 a 27	0,04 a 34,7	0,022 a 23	0,05 a 29,7	0,027 a 19	

	HfC	60 a 97	48 a 98	65 a 96	53 a 98	70 a 95	59 a 97	
Re +Cr Bound VC	Re	0,03 a 39,6	0,11 a 71	0,14 a 67	0,15 a 67,0	0,17 a 62	0,19 a 62	1800 a 2900
	Cr	0,03 a 39,6	0,04 a 46	0,13 a 65	0,05 a 41	0,15 a 60	0,06 a 35	
	VC	60 a 97	28 a 96	33 a 87	33 a 95	70 a 95	38 a 93	
Re + Cr Bound NbC	Re	0,03 a 39,6	0,08 a 64	0,04 a 34,7	0,1 a 59	0,05 a 29,7	0,13 a 53	1800 a 3200
	Cr	0,03 a 39,6	0,026 a 37	0,04 a 34,7	0,034 a 33	0,05 a 29,7	0,04 a 28	
	NbC	60 a 97	36 a 97	65 a 96	41 a 96	70 a 95	47 a 95	
Re + Cr Bound TaC	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 49	0,04 a 34,7	0,06 a 43	0,05 a 29,7	0,07 a 38	1800 a 3200
	Cr	0,03 a 39,6	0,015 a 25	0,04 a 34,7	0,019 a 21	0,05 a 29,7	0,024 a 17	
	TaC	60 a 97	51 a 98	65 a 96	56 a 98	70 a 95	62 a 97	
Re +Cr Bound Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Re	0,03 a 39,6	0,09 a 67	0,04 a 34,7	0,12 a 62	0,05 a 29,7	0,16 a 57	1800 a 1900
	Cr	0,03 a 39,6	0,03 a 41	0,04 a 34,7	0,04 a 36	0,05 a 29,7	0,05 a 31	
	Cr <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	60 a 97	32 a 97	65 a 96	37 a 96	70 a 95	43 a 95	

Re + Cr Bound	Re	0,03 a 39,6	0,07 a 60	0,04 a 34,7	0,09 a 55	0,05 a 29,7	0,11 a 49	1800 a
	Mo <sub>2</sub> C	0,03 a 39,6	0,023 a 34	0,04 a 34,7	0,03 a 29	0,05 a 29,7	0,037 a 25	
	Mo <sub>2</sub> C	60 a 97	40 a 98	65 a 96	45 a 97	70 a 95	50 a 96	
Re + Cr Bound	Re	0,03 a 39,6	0,04 a 47	0,04 a 34,7	0,05 a 42	0,05 a 29,7	0,07 a 36	1800 a
	WC	0,03 a 39,6	0,014 a 23	0,04 a 34,7	0,018 a 20	0,05 a 29,7	0,023 a 16	
	WC	60 a 97	53 a 98,6	65 a 96	58 a 98	70 a 95	64 a 97,6	

As composições acima para metais duros ou cermets podem ser empregadas para uma variedade de aplicações. Por exemplo, um material como descrito acima pode ser empregado para formar uma parte do desgaste em um instrumento que corte, moa, ou fure um objeto alvo, empregando-se a parte desgastada para remover o material do objeto alvo. Um tal instrumento pode incluir uma parte do suporte feita de um material diferente, tal como um aço. A parte desgastada é em seguida ocupada por parte do suporte como um suplemento. O instrumento pode ser designado para incluir múltiplos suplementos ocupados por parte do suporte. Por exemplo, algumas furadeiras de mineração podem incluir múltiplas verrumas de botão feitas de um material de metal duro. Os exemplos de um tal instrumento incluem uma furadeira, um cortador, tal como uma faca, uma serra, um moedor, e uma furadeira. Al-

ternativamente, os metais duros descritos aqui podem ser empregados para formarem a cabeça completa de um instrumento como a parte desgastada para cortar, moer ou outras operações mecânicas. As partículas do metal duro podem também ser empregada para formarem grãos abrasivos para polir ou moer vários materiais. Além disso, tais metais duros podem também ser empregados para construir alojamentos e camadas ou superfícies externas para vários dispositivos para encontrar as necessidades específicas das operações dos dispositivos ou das condições ambientais sob as quais os dispositivos operam.

Mais especificamente, os metais duros descritos aqui podem ser empregados para fabricar instrumentos de corte para usinagem de metais, ligas, materiais de compósito, materiais plásticos e materiais de madeira e outros. Os instrumentos de corte podem incluir suplementos indicáveis para torneamento, moagem, perfuração e furação, furadeiras, fresa de topo, alargadores, machos de abrir roscas, fresa-matriz, fresas. Uma vez que a temperatura do gume de tais instrumentos pode ser maior do que 500°C durante a usinagem, as composições de metal duro para condições de operação de alta temperatura descritas acima podem ter vantagens especiais quando empregadas em tais instrumentos de corte, por exemplo, instrumento de vida prolongada e produtividade melhorada por tais instrumentos aumentando-se a velocidade do corte.

Os metais duros descritos aqui podem ser empregados para fabricar instrumentos para trefilação, extrusão,

forjadura e formação de cabeças a frio. Além disso como molde e vazadores para processos de pó. Além disso, tais metais duros podem ser empregados como material resistente ao desgaste para mineração e perfuração de minério.

5 Os materiais de metal duro, descritos neste pedido podem ser fabricados em formas volumosas ou como revestimentos em superfícies de metal. Os revestimentos com tais novos materiais de metal duro podem ser vantajosamente empregados para formar uma camada dura em uma superfície de metal  
10 para obter a dureza desejada que de outro modo seria difícil para obter com o material de metal subjacente. Os materiais de metal duro volumosos, com base nas composições neste pedido podem ser caros e portanto o uso de revestimentos em metais menos caros com dureza menor pode ser empregado para  
15 reduzir os custos de vários componentes ou partes com dureza elevada.

Vários processos de pó para produzir metais duros comerciais podem ser empregados para a fabricação dos metais duros deste pedido. Como um exemplo, uma liga de aglutinador com Re mais elevado do que 85% em peso pode ser fabricada pelo processo de sinterização de fase sólida para eliminar as porosidades abertas, em seguida HIP substitui a sinterização de fase líquida.

Fig. 9 mostra um fluxograma para vários métodos de  
25 fabricação para os materiais ou estruturas das composições de metal duro acima. Como ilustrado, os pós de liga para os aglutinadores e os pós de partícula dura podem ser misturados com um líquido de moagem em um processo de mistura úmida

com ou sem um lubrificante (por exemplo, cera). Os fluxos de fabricação no lado a esquerda da Fig. 9 são para fabricar metais duros com mistura úmida lubrificada. A mistura é primeiro secada por processos de secagem à vácuo ou secagem por pulverização para produzir o pó de grau lubrificado. Em seguida, o pó de grau lubrificado é formado em um material volumoso através de prensagem, extrusão, ou prensa isostática fria (CIP) de pílula ou moldagem. A CIP é um processo para consolidar o pó por pressão isostática. O material volumoso é então aquecido para remover o lubrificante e é sinterizado em um processo de pré-sinterização. Em seguida, o material pode ser processado através de vários processos diferentes. Por exemplo, o material pode ser processado através de uma sinterização de fase líquida em vácuo ou hidrogênio e em seguida também processado por um processo de HIP para formar as partes de metal duro final. Alternativamente, o material após a pré-sinterização pode ir através de uma sinterização de fase sólida para eliminar a porosidade aberta e em seguida um processo de HIP para formar as partes de metal duro final.

Quando os pós de liga para os aglutinadores e os pós de partícula dura são misturados sem o lubrificante, o pó de grau não lubrificado após o processo de secagem pode ser processado de dois modos diferentes para formar as partes de metal duro final. O primeiro modo, como ilustrado simplesmente usa prensagem quente para completar a fabricação. O segundo modo usa um processo de formação de pulverização térmica para formar o pó de grau em um substrato de

metal em vácuo. Em seguida, o substrato de metal é removido para deixar a estrutura pela formação de pulverização térmica como um material de posição livre como a parte de metal duro final. Além disso, o material de posição livre pode ser ainda processado por um processo de HIP para reduzir as porosidades se necessário.

Na formação de um revestimento de metal duro em uma superfície de metal, um processo de pulverização térmico pode ser empregado sob uma condição a vácuo para produzir partes grandes revestidas com materiais de metal duro. Por exemplo, as superfícies de partes e ferramentas de aço podem ser revestidas para melhorar sua dureza e desse modo o desempenho. Fig. 10 mostra um fluxograma exemplar de um processo de pulverização térmica.

Vários processos de pulverização térmica são conhecidos para revestimento de superfícies de metal. Por exemplo, o ASM Handbook Vol. 7 (P408, 1998) descreve a pulverização térmica como uma família de processos de consolidação de particulado/gotícula capazes de formar metais, cerâmicas, intermetálicos, compósitos, e polímero em revestimentos ou estruturas de posição livre. Durante os processos, pó, fios ou bastões podem ser injetados em jatos aquecidos a arco ou por combustão, onde eles são aquecidos, fundidos ou amolecidos, acelerados, e direcionados para a superfície, ou substrato, sendo revestido. No impacto no substrato, as partículas ou gotículas rapidamente se solidificam, resfriam, contraem, e de forma crescente se estabelecem para formar um depósito em uma superfície alvo. As "tábuas" finas

podem passar por taxas de resfriamento elevadas, por exemplo, em excesso de  $10^6$  K/s para metais.

Um processo de pulverização térmico pode usar energia química (combustão) ou elétrica (plasma ou arco) para aquecer materiais de alimento injetados nos jatos de gás quente para criar uma corrente de gotículas fundidas que são aceleradas e direcionadas para os substratos sendo revestidos. Vários processos de pulverização térmicos são mostrados na Figura 3 e 4 em ASM Handbook Vol. 7, páginas 409-410.

Vários detalhes de processos de pulverização térmicos são descritos em "Spray Forming" de Lawley e outros, e "Thermal Spray Forming of Materials" de Knight e outros, os quais são publicados em ASM Handbook, Volume 7, Powder Metal Technology and Application (1998), das páginas 396 a 407, e páginas 408 a 419, respectivamente.

Em várias aplicações, as composições de metal duro escolhidas e descritas aqui podem ser utilizadas para...manter elevadas, a dureza e a resistência de material a temperaturas elevadas a ou acima de  $1500^{\circ}\text{C}$ . Por exemplo, certas máquinas de energia elevada operam a tais temperaturas elevadas tal como várias máquinas de foguete e/ou jato empregadas em vários veículos e dispositivos de vôo. Mais especificamente, os bocais de jato e/ou foguete, incluindo as gargantas de bocal não erosivo e gargantas de bocal pouco erosivo, nestas e outras máquinas podem ser parcialmente ou completamente feitos dos materiais de metal duro selecionados descritos neste pedido.

Por exemplo, os metais duros com base em um ou

mais de (1) um ou mais carbetos, (2) um ou mais nitretos, (3) um ou mais boretos e (4) uma combinação de dois ou mais de (1), (2) e (3) com um material de aglutinador que seja ou Re puro ou um material de aglutinador de compósito com Re como um componente. Os pontos de fusão de vários carbetos, nitretos, e boretos neste pedido são acima de 2400°C. Os exemplos de carbetos adequados para os presentes materiais de metal duro de temperatura elevada incluem TaC, HfC, NbC, ZrC, TiC, WC, VC, Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, ThC<sub>2</sub> Mo<sub>2</sub>C, SiC e B<sub>4</sub>C. Os exemplos de nitretos adequados para os presentes materiais de metal duro de temperatura elevada incluem HfN, TaN, BN, ZrN, e TiN. Os exemplos de boretos adequados para os presentes materiais de metal duro de temperatura elevada incluem HfB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, TiB<sub>2</sub>, NbB<sub>2</sub> e WB. Dois exemplos do material aglutinador de compósito com Re como um componente, são (1) W e Re e (2) Ta e Re.

Nas composições de material aglomerante descritas nesta solicitação, o rênio pode ser usado em um material aglomerante para obter-se certas propriedades. Por exemplo, a adição de Re no W em um material aglomerante pode melhorar as propriedades mecânicas, tais como a ductilidade do material aglomerante da liga W-Re em relação ao W sem o Re. Como outro exemplo, a adição de Re no Mo em um material de ligação pode melhorar as propriedades mecânicas (por exemplo, a ductilidade) do material aglomerante da liga Mo-Re em relação ao Mo sem o Re. Ainda como outro exemplo, a adição de Re no Cr em um material aglomerante pode melhorar as propriedades mecânicas (por exemplo, a ductilidade) do material aglo-

merante da liga Cr-Re em relação ao Cr sem Re.

O molibdênio também pode ser adicionado a um material aglomerante para melhorar as propriedades do material aglomerante. A adição de Mo em um material de TiC ligado a Ni forma um material de TiC ligado a Ni-Mo e pode melhorar a ductilidade e a rigidez do material de TiC ligado a Ni-Mo em relação ao material de TiC ligado a Ni. Em materiais duros utilizando os materiais aglomerantes de super liga com base em Ni, pode ser adicionado Mo no material aglomerante da super liga com base em Ni. Por exemplo, pode ser adicionado Mo no TiC ligado à super liga com base em Ni para melhorar a ductilidade e a rigidez do TiC ligado a Mo na super liga com base em Ni em relação ao TiC ligado na super liga com base em Ni.

Ao mesmo tempo em que esta especificação contém muitos específicos, estes não devem ser considerados como limitações no escopo de uma invenção ou da qual possa ser reivindicada, porém de preferência como descrições de características específicas para as modalidades particulares da invenção. Certas características que são descritas nesta especificação no contexto das modalidades separadas podem também ser implementada em combinação em uma única modalidade. Inversamente, várias características que são descritas no contexto de uma única modalidade podem também ser implementada em múltiplas modalidades separadamente ou em qualquer subcombinação adequada. Além disso, embora as características possam ser descritas acima como agindo em certas combinações e ainda inicialmente reivindicadas como tal, uma

ou mais características de uma combinação reivindicada podem em alguns casos ser excisadas da combinação, e a combinação reivindicada pode ser direcionada para uma subcombinação ou uma variação de uma subcombinação.

- 5 Somente algumas implementações e exemplos são divulgados. Entretanto, é entendido que as variações e melhoramentos podem ser feitos.



PI0707371-2

REIVINDICAÇÕES

1. Cabeçote de ferramenta de soldagem de fricção e agitação, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

um ombro; e

5 um pino acoplado no ombro,

onde pelo menos uma parte de cada um do ombro e do pino compreende:

um primeiro material compreendendo pelo menos um de ou uma combinação de pelo menos um carboneto, um nitreto,

10 um boreto, um silicato, e

um segundo material para ligar o primeiro material, o segundo material compreendendo pelo menos rênio.

2. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende pelo menos um de carboneto de tungstênio e carboneto de titânio.

3. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende:

20 partículas duras compreendendo pelo menos um de: TaC, HfC, NbC, ZrC, TiC, WC, VC, Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, ThC<sub>2</sub>, Mo<sub>2</sub>C, SiC, B<sub>4</sub>C e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

4. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras estão em 25 quantidades inferiores a 75% do peso total no material e rênio está em quantidades superiores a 25% do peso total do material.

5. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 3,

**CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

6. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

7. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Mo.

8. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Cr.

9. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras adicionalmente compreendem pelo menos um de HfN, TaN, BN, ZrN, TiN, VN, SiN e NbN.

10. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

11. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

12. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras adicionalmente compreendem pelo menos um de  $VB_2$ ,  $Cr_3B_2$ ,  $HfB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $TiB_2$ ,  $NbB_2$  e WB.

13. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

14. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

15. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende:

partículas duras compreendendo pelo menos um de HfN, TaN, BN, ZrN, TiN, VN, SiN e NbN.

16. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

17. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

18. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras adicionalmente compreendem pelo menos um de  $VB_2$ ,  $Cr_3B_2$ ,  $HfB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $TiB_2$ ,  $NbB_2$  e WB.

19. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

20. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

21. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Mo.

22. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1,

**CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Cr.

23. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende cobalto.

24. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende uma superliga à base de níquel.

25. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende cobalto.

26. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende pelo menos um de  $Ti_5Si_3$ ,  $Zr_6Si_5$ ,  $Zr_3Si_2$ ,  $Zr_4Si_3$ ,  $ZrSi$ ,  $HfSi_2$ ,  $NbSi_2$ ,  $TaSi_2$ ,  $Mo_3Si_2$ ,  $MoSi_2$ ,  $W_3Si_2$  e  $WSi_2$ .

27. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende pelo menos um de  $VB_2$ ,  $Cr_3B_2$ ,  $HfB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $TiB_2$ ,  $NbB_2$  e  $WB$ .

28. Cabeçote de ferramenta de soldagem de fricção e agitação, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

um ombro; e

um pino acoplado no ombro,

onde pelo menos uma parte de cada um do ombro e do pino compreende:

um primeiro material compreendendo pelo menos um de ou uma combinação de pelo menos um carboneto, um nitreto, um boreto, um silicato, e

um segundo material para ligar o primeiro material, o segundo material compreendendo pelo menos uma superliga à base de níquel.

29. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 28,  
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende pelo menos um de carboneto de tungstênio e carboneto de titânio.

30. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 28,  
**CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende:  
10

partículas duras compreendendo pelo menos um de:  
TaC, HfC, NbC, ZrC, TiC, WC, VC, Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, ThC<sub>2</sub>, Mo<sub>2</sub>C, SiC, B<sub>4</sub>C  
e Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.

31. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 30,  
15 **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras estão em quantidades inferiores a 75% do peso total no material.

32. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 30,  
**CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

20 33. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 30,  
**CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

34. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 30,  
**CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Mo.  
25

35. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 30,  
**CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Cr.

36. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras adicionalmente compreendem pelo menos um de HfN, TaN, BN, ZrN, TiN, VN, SiN e NbN.

5 37. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 36, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

38. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 36, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

39. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras adicionalmente compreendem pelo menos um de HfB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, TaB<sub>2</sub>, TiB<sub>2</sub>, NbB<sub>2</sub> e WB.

15 40. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 39, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

41. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 39, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

42. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 28, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material adicionalmente compreende:

25 Partículas duras compreendendo pelo menos um de HfN, TaN, BN, ZrN, TiN, VN, SiN e NbN.

43. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

44. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

45. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as partículas duras adicionalmente compreendem pelo menos um de  $VB_2$ ,  $Cr_3B_2$ ,  $HfB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $TiB_2$ ,  $NbB_2$  e WB.

46. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 45, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende W.

47. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 45, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Ta.

48. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Mo.

49. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende Cr.

50. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo material adicionalmente compreende cobalto.

51. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 28, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende pelo menos um de  $Ti_5Si_3$ ,  $Zr_6Si_5$ ,  $Zr_3Si_2$ ,  $Zr_4Si_3$ ,  $ZrSi$ ,  $HfSi_2$ ,  $NbSi_2$ ,  $TaSi_2$ ,  $Mo_3Si_2$ ,  $MoSi_2$ ,  $W_3Si_2$  e  $WSi_2$ .

52. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 28, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro material compreende pelo menos um de  $VB_2$ ,  $Cr_3B_2$ ,  $HfB_2$ ,  $ZrB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $TiB_2$ ,  $NbB_2$  e WB.

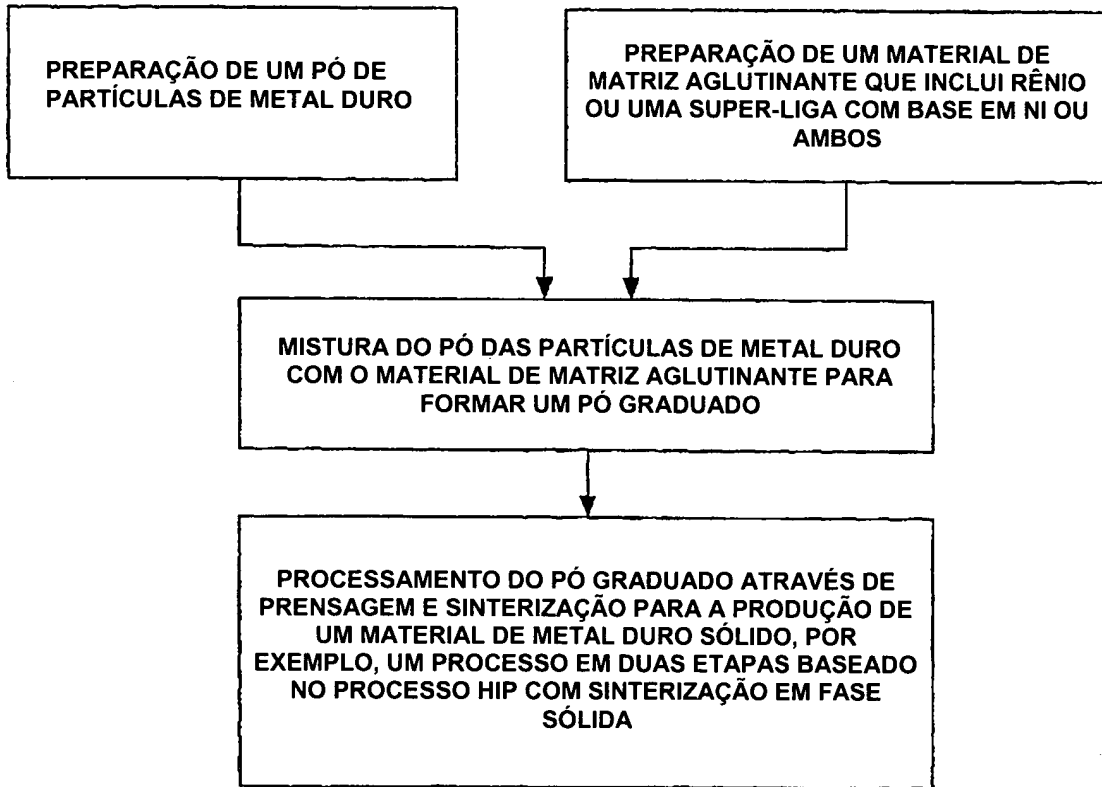
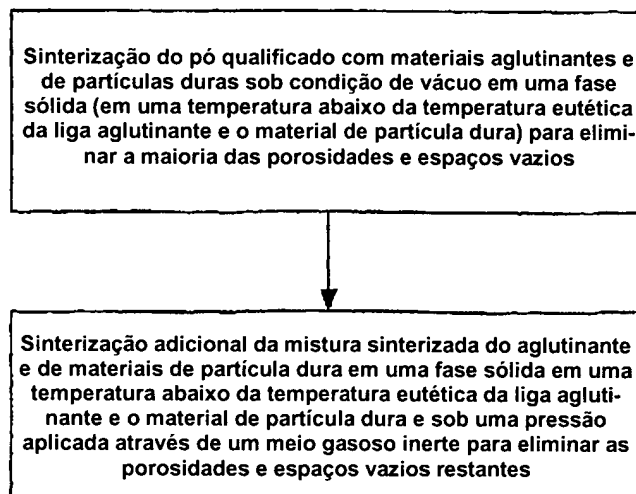
**FIG. 1****FIG. 2**

FIG. 3

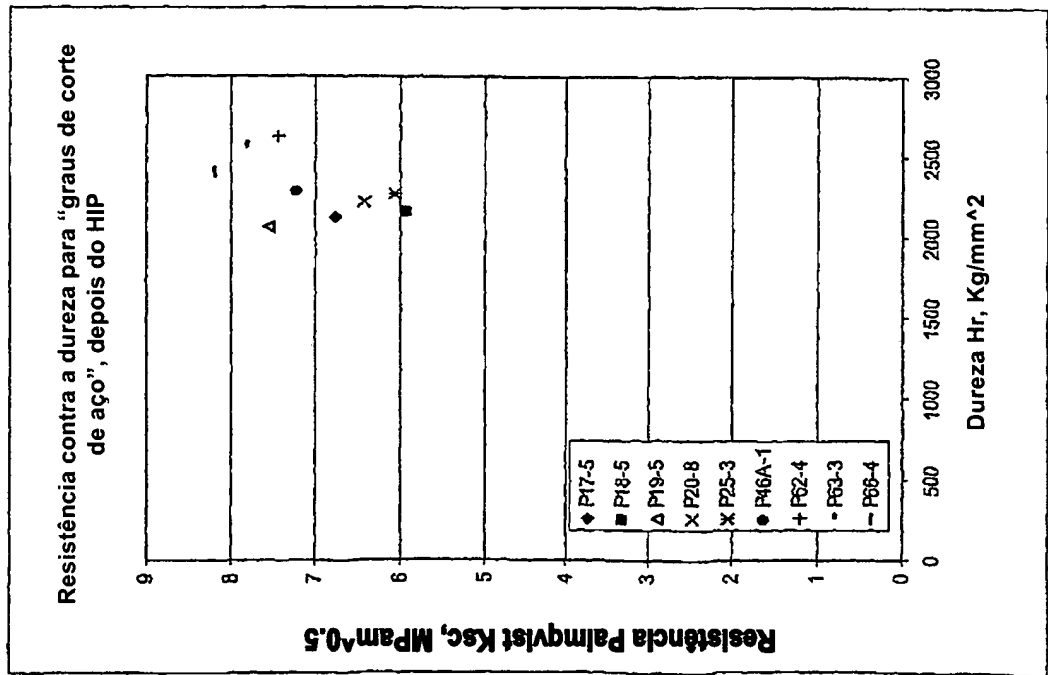
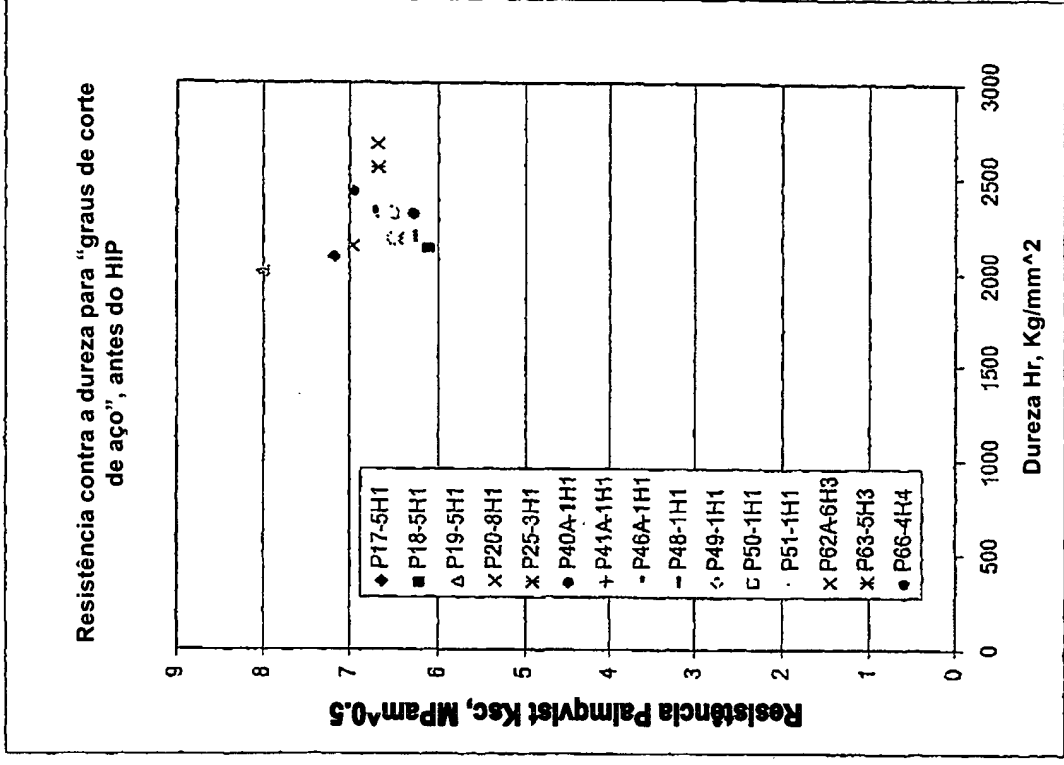
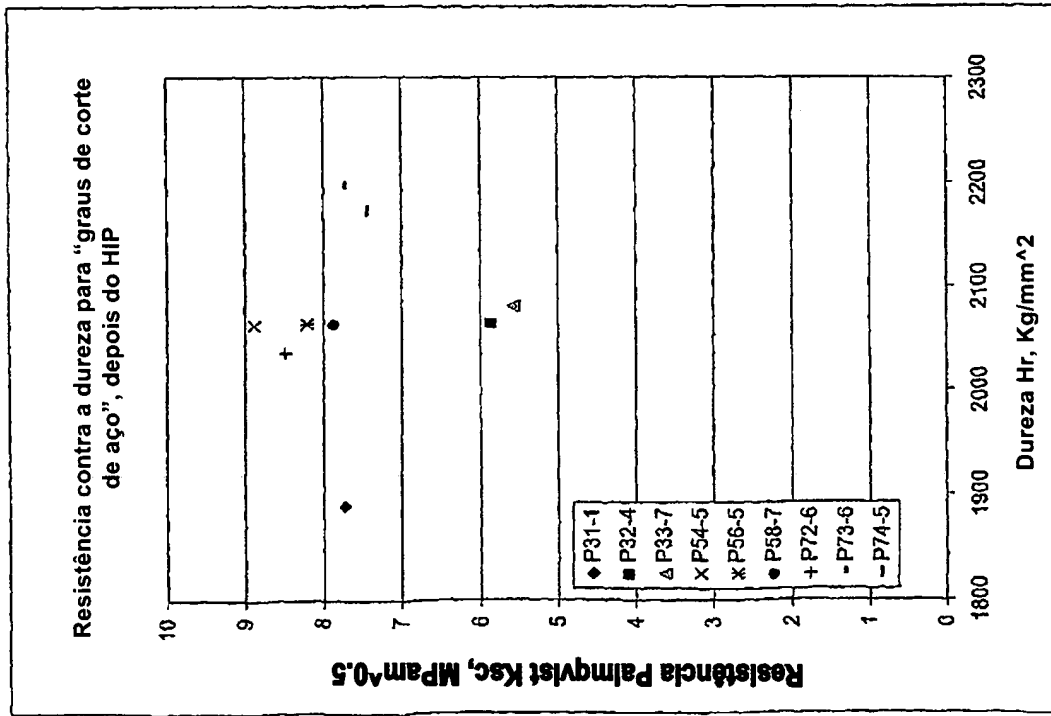


FIG. 4



**FIG. 5**



**FIG. 6**

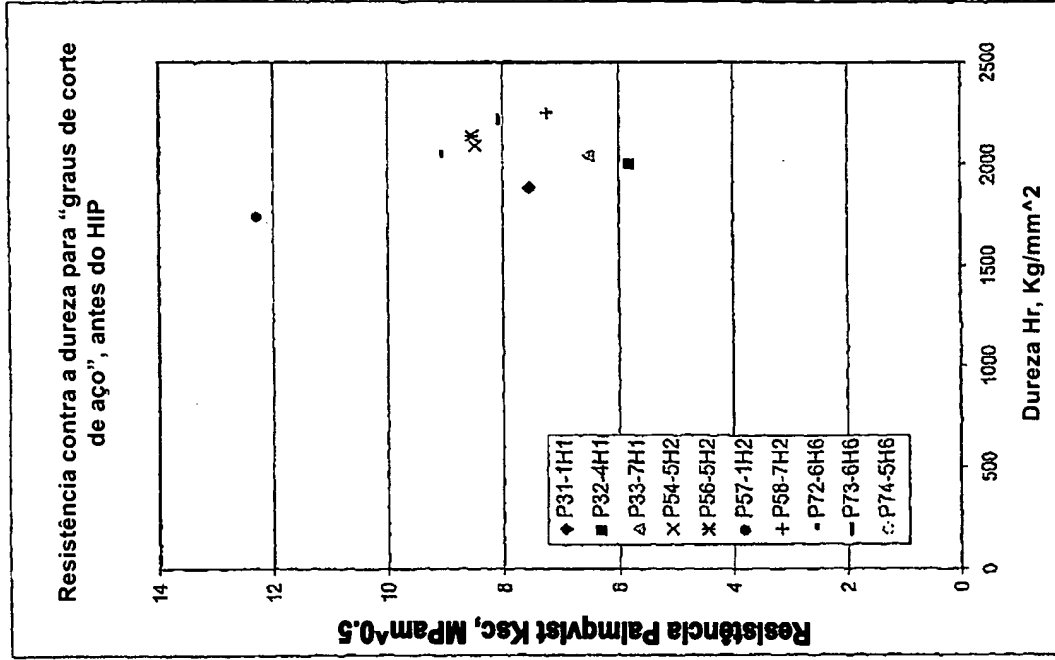


FIG. 7

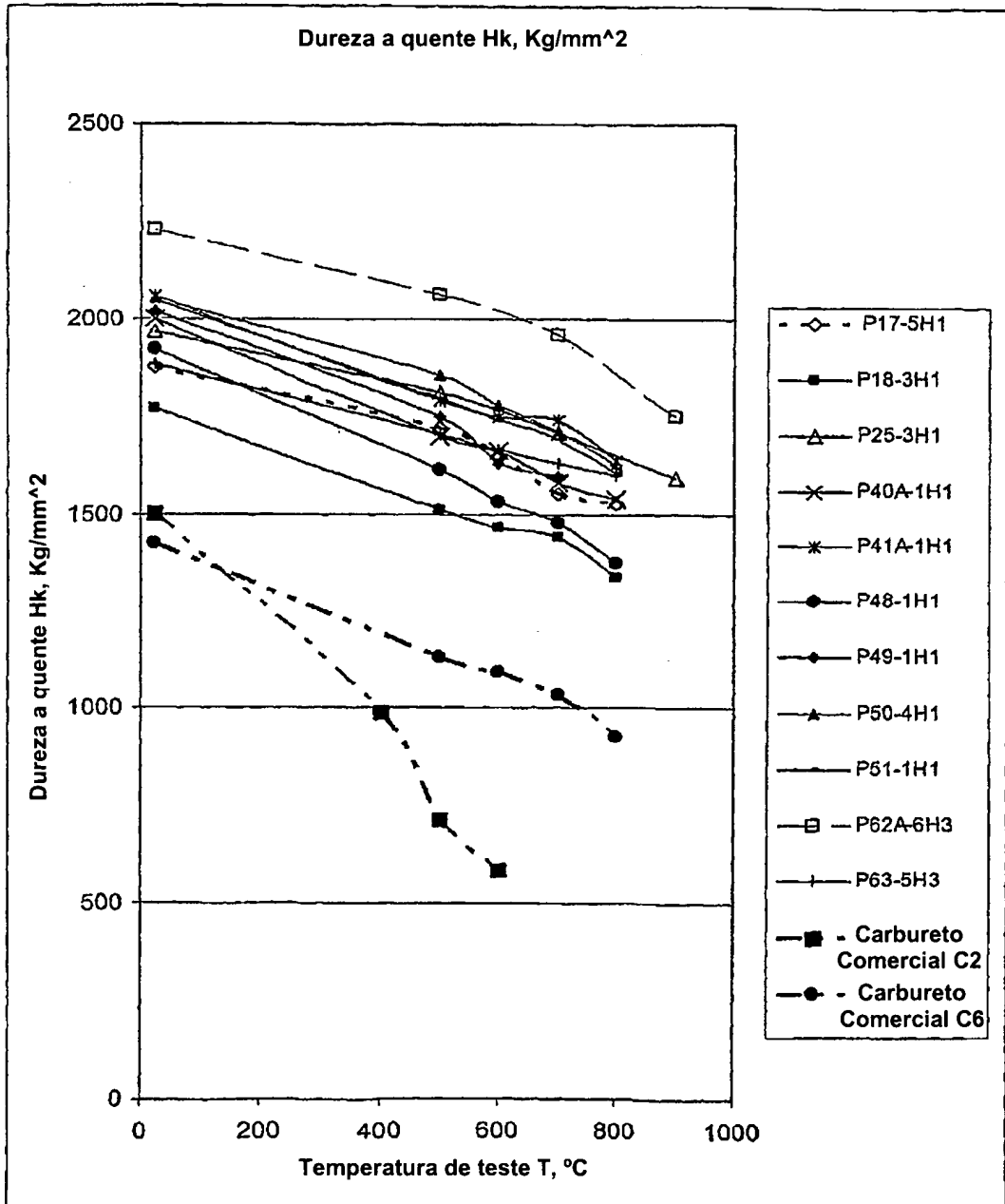


FIG. 8

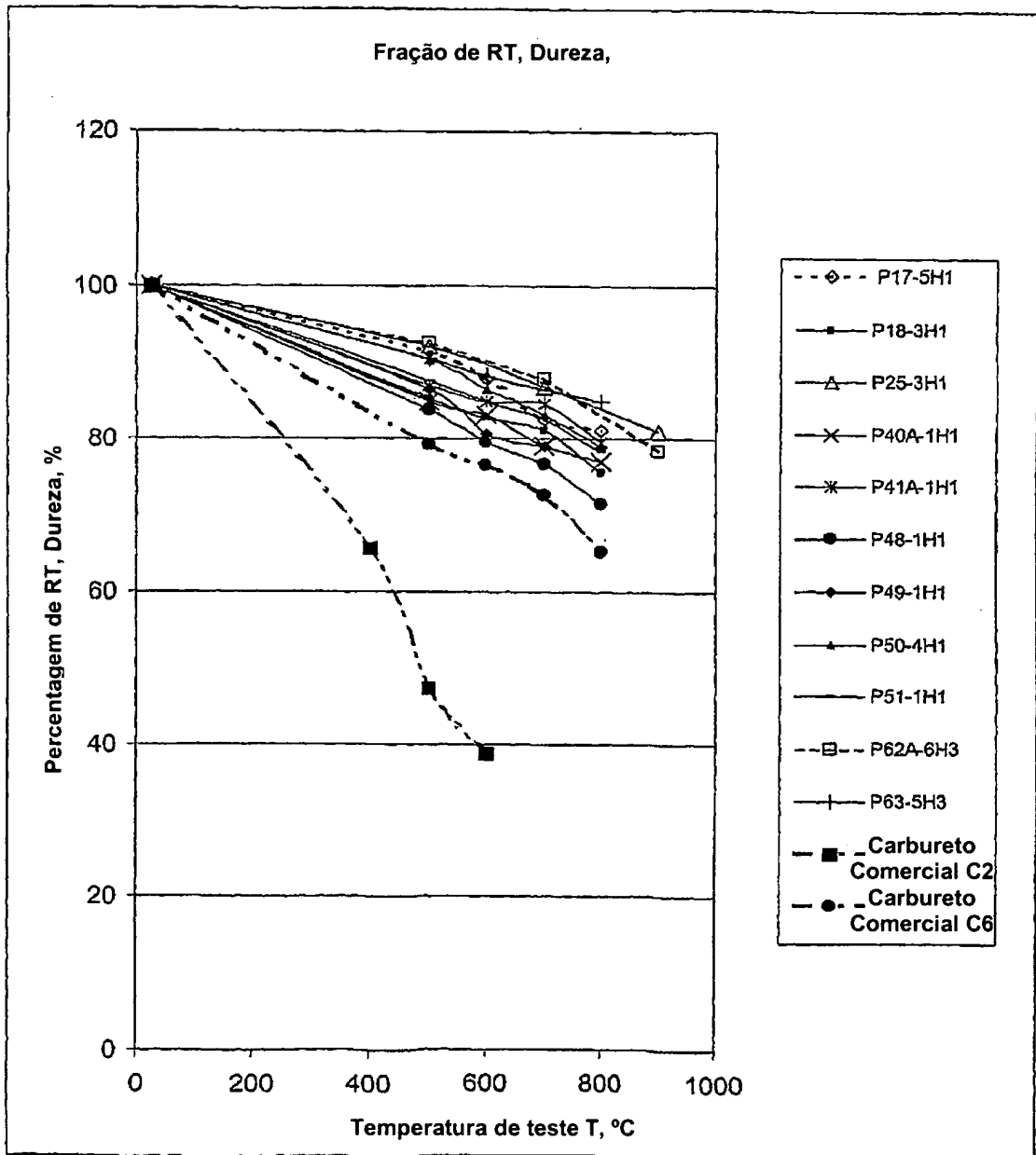
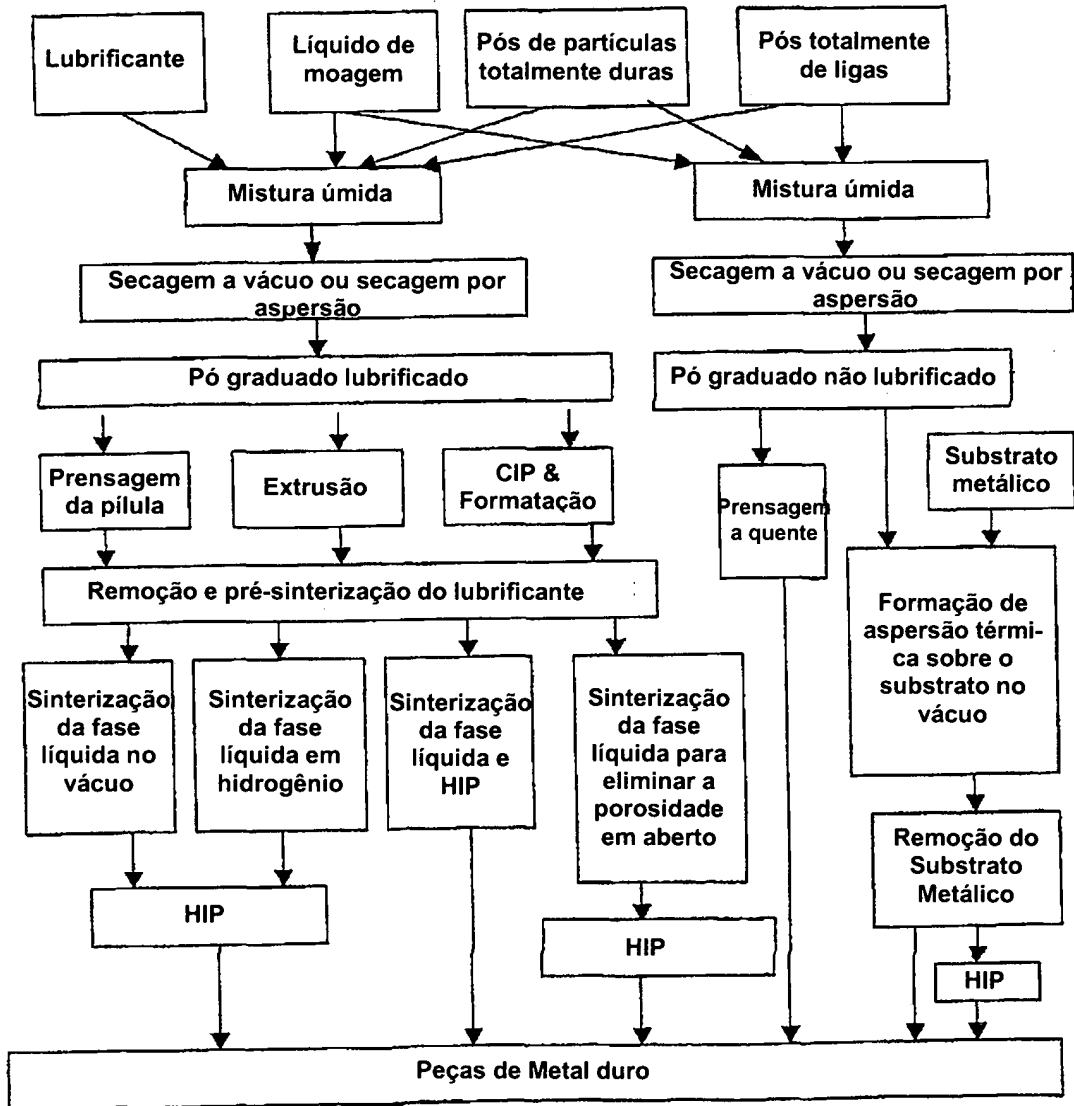


FIG. 9



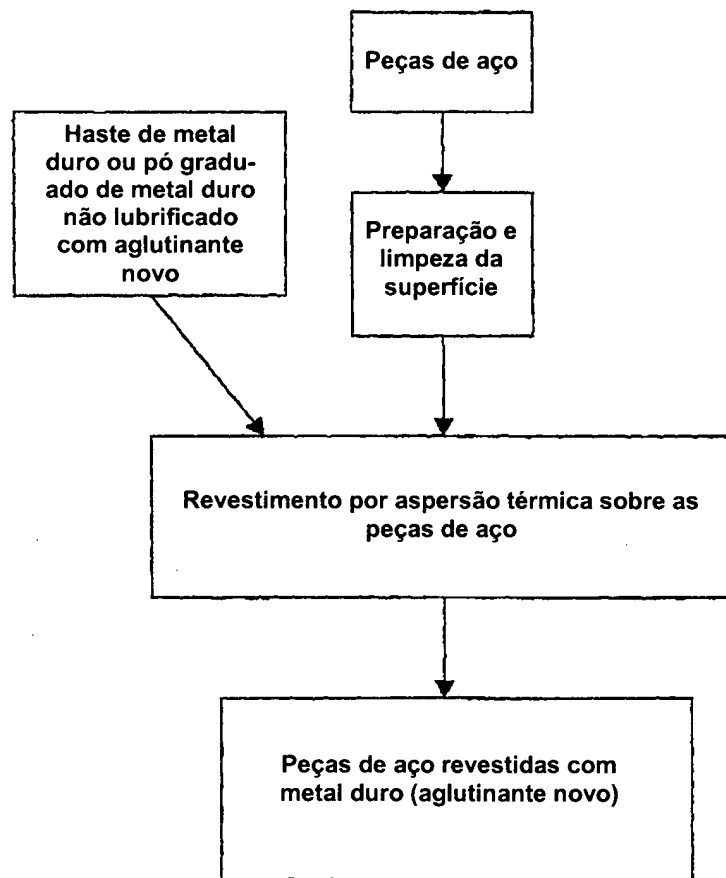
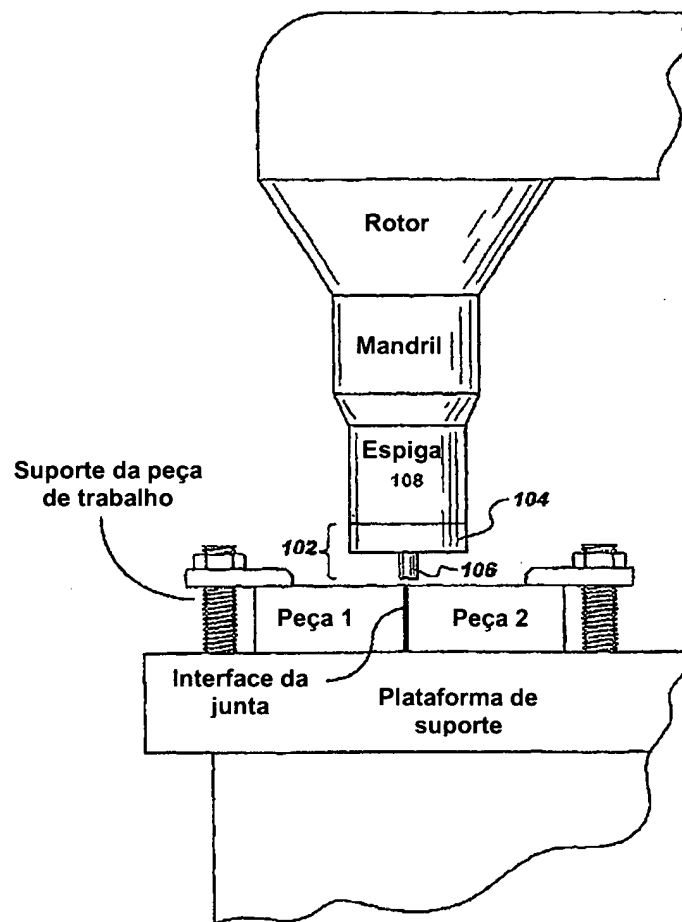
**FIG. 10**

FIG. 11



RESUMO

"FERRAMENTAS DE SOLDA DE AGITAÇÃO POR ATRITO COM ALTO DESEMPENHO"

São apresentadas ferramentas de soldagem de fricção e agitação feitas de um metal duro incluindo partículas duras tendo um primeiro material e uma matriz aglomerante tendo um segundo material diferente.