



Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 1000558-7

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 1000558-7

(22) Data do Depósito: 11/03/2010

(43) Data da Publicação do Pedido: 22/03/2011

(51) Classificação Internacional: C22C 38/24; C22C 38/22; C22C 38/18

(30) Prioridade Unionista: AT A 402/2009 de 12/03/2009

(54) Título: AÇO FERRAMENTA PARA TRABALHO A FRIO

(73) Titular: BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO. KG. Endereço: Mariazellerstr. 25, A-8605 Kapfenberg, ÁUSTRIA(AT)

(72) Inventor: GERHARD JESNER; DEVRIM CALISKANOGLU

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 11/03/2010, observadas as condições legais

Expedida em: 03/04/2018

Assinado digitalmente por:
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patente



"AÇO FERRAMENTA PARA TRABALHO A FRIO".

[001] A presente invenção refere-se a aço ferramenta para trabalho a frio, em particular, a uma ferramenta com uma grande profundidade de têmpera e revenimento ou alta capacidade de têmpera e revenimento com esfriamento rápido que contém os elementos de liga carbono, manganês, silício, cromo, molibdênio, vanádio e tungstênio, opcionalmente o elemento nióbio, bem como, elementos secundários com um teor abaixo de 0,4 % em peso, e o restante sendo ferro e impurezas.

[002] Em particular a invenção refere-se a uma ferramenta revestida com material duro a uma temperatura mais alta que 500°C.

[003] Aços trabalhados a frio são ligas que, no estado temperado e revenido, apresentam um perfil de propriedades com alta dureza, alta resistência ao desgaste, bem como, alta tenacidade, sendo que, uma boa capacidade de acabamento e especial estabilidade dimensional durante a têmpera e o revenimento representam critérios importantes. Estes aços trabalhados a frio são empregados, entre outras coisas, como ferramentas na técnica de estampagem da moldagem de material sintético, para o corte fino como partes de matrizes e similares. De acordo com a técnica de ligas, na aplicação prática, em geral, estes materiais de aço ferramenta para trabalho a frio são orientados para a fabricação de ferramentas e para os critérios de carga principal.

[004] Para uma alta resistência ao desgaste e uma alta estabilidade de forma de ferramentas são importantes, de preferência, uma dureza de, pelo menos, 60 HRC e um alto teor de carboneto com uma distribuição uniforme de carboneto com uma matriz do material de alta resistência. Contudo, neste caso, deveria poder ser aplicada uma tecnologia de têmpera e revenimento simples para as partes, sendo que, é necessária uma desejada suposição de dureza profunda do material sob a superfície de resfriamento brusco.

[005] Para ferramentas ou partes, sobre as quais deve ser aplicada uma camada de material duro especial, por exemplo, uma camada de nitrato, carbonitrato ou oxicarboneto dos elementos tungstênio, cromo, alumínio e similares, com uma temperatura de revestimento acima de 500°C, além disso, o substrato, portanto, o aço ferramenta para trabalho a frio, precisa manter esta carga de temperatura através do tempo de revestimento exigido ou necessário, ou não sofrer nenhuma queda essencial nos valores de propriedades, em particular, de dureza e tenacidade.

[006] Partindo das exigências com relação a um perfil de propriedades melhoradas abrangentes em um aço ferramenta para trabalho a frio, à invenção cabe a tarefa de criar um material temperado e revenido, o qual, em temperaturas ajustáveis, de modo usual e simples, entre 1030°C e 1080°C com resfriamento reforçado, seja transformado em grandes profundidades em uma estrutura martensítica, apresente alta dureza e tenacidade durante o revenimento, e que seja estável no revenimento até temperaturas acima de 500°C com períodos de tratamento de até várias horas, e apresente alta resistência ao desgaste.

[007] Esta tarefa é solucionada pelo fato de que, o aço ou a liga com base de ferro possui uma respectiva concentração dos elementos de liga com a seguinte % em peso:

C = 1,1 a 1,7

Mn = 0,1 a 0,6

Si = 0,4 a 1,1

Cr = 5,6 a 7,0

Mo = 1,2 a 1,8

V = 3,5 a 3,9

W = 1,1 a 5,0

[008] com relação à metalurgia de pó, através da atomização de uma fusão e compressão em alta temperatura (HIP) do pó obtido deste

modo, é formado um objeto que pode ser moldado opcionalmente a quente, formado e endurecido através de têmpera e revenimento, e apresenta uma dureza de, pelo menos, 60 HRC com uma tenacidade medida através da energia de impacto maior que 50 J de acordo com a norma SEP 1314.

[009] As vantagens obtidas com a invenção são dadas, em essência, no fato de que, em sua concentração prevista, respectivamente, no material, os elementos de liga, como foi encontrado, sob o princípio do efeito de troca do formador de carboneto com a concentração de carbono são ajustados, de tal modo que, no caso de uma alta velocidade de solidificação, obtida através da fabricação por metalurgia de pó, a formação das fases de carbonetos e a solidificação da matriz através da deformação atômica da grade, apresentam alta resistência à abrasão e resistência de material, com alta resistência de revenido e grande tenacidade.

[0010] Os elementos efetivos, formando carboneto, do quinto e sexto grupos na tabela periódica formam, dependendo da concentração, em particular, da atividade de carbono e da temperatura, carbonetos com distintas estruturas de cristal e propriedades na matriz. Em outras palavras: carbonetos, apresentando estrutura de cristal cúbica do tipo MC, M_4C_3 e $M_{23}C_6$ e carbonetos com estrutura hexagonal ou trigonal do tipo, M_2C e partes de MC, bem como, M_7C_3 são formados de acordo com a respectiva atividade de carbono conforme a respectiva concentração dos elementos de metal, formando carbonetos, no efeito de troca do teor de carbono livre disponível, pelo que é ajustada uma distribuição de quantidade especificada dos tipos de carbonetos na matriz e, através de átomos de liga incluídos, livres é obtida uma deformação da grade que reforça o material.

[0011] Portanto, a fim de obter uma formação de carboneto e um efeito de troca dos elementos naquela forma, na qual as propriedades

do material desejadas no produto podem ser obtidas, é importante ajustar no aço, com um teor de carbono de 1,1 a 1,7 % em peso, uma respectiva concentração dos formadores de carboneto para uma % em peso de cromo de 5,6 a 7,0, de molibdênio de 1,2 a 1,8, de vanádio de 3,5 a 3,9 e tungstênio de 1,1 a 5,0. Deste modo, são ajustados os monocarbonetos, carbonetos mistos e uma concentração de carbono e elementos na matriz, com vista às propriedades desejadas do material.

[0012] Como é familiar ao especialista, um aço ferramenta para trabalho a frio de acordo com a invenção só pode ser construído na fabricação do material por metalurgia de pó com uma estrutura de textura que, eventualmente também em uma conformação a quente, fornece as condições prévias para o perfil de propriedades do material de acordo com a tarefa, sendo que, uma dureza maior que 60HRC e uma tenacidade com a dimensão da energia de impacto maior que 50 J representam os limites inferiores.

[0013] No caso de um aperfeiçoamento particularmente vantajoso da invenção está previsto que o aço contenha até 1% em peso de Nb desde que, o valor

$$W_{Nb} = \frac{(Mo + W/2) + V}{Nb}$$

[0014] seja menor do que 88, de preferência, menor que 39.

[0015] Esta medida de técnica de liga atua refinando sobre o tamanho do grão de carboneto e se baseia, como encontrado, no efeito do nióbio durante a solidificação da fusão homogênea na presença de carbono e de outros elementos que formam carbonetos.

[0016] Os elementos vanádio como forte formador de monocarbonetos, bem como, tungstênio e molibdênio, os quais formam carbonetos de M_2C e de MC moldam, em geral, carbonetos mistos maiores. Em contrapartida, o nióbio possui somente uma pequena tendência para a formação de carbonetos mistos, apresenta, portanto, monocar-

bonetos finos distribuídos de modo homogêneo, os quais são altamente efetivos como embriões de carboneto, e que finalmente fornecem um tamanho de grão de carboneto reduzido na matriz.

[0017] Se, a concentração de, pelo menos, um elemento de liga apresentar os seguintes valores de % em peso:

C = maior que 1,2, menor que 1,6, de preferência, de 1,35 a 1,55

Mn = maior que 0,2, menor que 0,55, de preferência, de 0,3 a 0,5

Si = maior que 0,45, menor que 1,0, de preferência, de 0,5 a 0,9

Cr = maior que 5,7, menor que 6,9, de preferência, de 5,8 a 6,5

Mo = maior que 1,3, menor que 1,7, de preferência, de 1,4 a 1,6

V = maior que 3,55, menor que 3,9, de preferência, de 3,6 a 3,8

W = maior que 1,9, menor que 4,5, de preferência, de 3,1 a 4,4

Nb = maior que 0,1, menor que 0,9, de preferência, de 0,4 a 0,75

[0018] então, o perfil de propriedades do aço ferramenta para trabalho a frio pode ser melhorado. Isto se refere, em particular, ao elemento tungstênio no efeito de troca com o nióbio na faixa de estreitas atividades de carbono.

[0019] Quanto mais próxima estiver a área da concentração do cromo em torno de um valor médio de cerca de 6,2, tanto mais vantajoso, como resultou das experiências, ocorre uma formação de estrutura durante o têmpera e revenimento, porque, por um lado, só é dada pouca estabilidade da austenita residual e, por outro lado, existe grande capacidade de têmpera com estriamento repentino.

[0020] Um aço ferramenta para trabalho a frio com excelentes propriedades pode ser fabricado com a máxima economia se, na superfície de trabalho, este objeto tiver um revestimento, que é aplicado durante o revenimento com uma temperatura de, pelo menos, 500°C, eventualmente de 550° ou mais alta.

[0021] Deste modo podem ser realizados, pelo menos, um tratamento de revenimento simultaneamente com um revestimento de su-

perfície, e pode ser obtida uma resistência de aderência excelente da camada. Uma justificativa econômica porque uma aplicação simultânea de um revestimento e um tratamento de revenimento do objeto temperado acima de 500°C causa uma aderência maior da camada de desgaste, ainda não foi dada até o momento.

[0022] Quando, de modo vantajoso, para um perfil de propriedades, o aço ferramenta para trabalho a frio apresenta uma dureza maior que 62 HRC, em particular, de 63 a 65 HRC, com uma tenacidade medida através de uma energia de impacto maior que 50 J de acordo com a norma SEP 1314, em particular, maior que 55 J, é dada uma aplicabilidade abrangente da liga com altas cargas.

[0023] Se, em seguida a uma têmpera e endurecimento térmicos, for aplicado um revestimento de material duro sobre o objeto por uma hora ou mais a uma temperatura acima de 500°C até 550°C, com isto, não é dada nenhuma piora das propriedades do material.

[0024] Em seguida, a invenção deverá ser esclarecida em detalhes por meio dos resultados do desenvolvimento, que representam somente um modo de execução.

[0025] Dos exames foram escolhidos dois aços com composições químicas semelhantes, contudo, com teores de nióbio diferentes.

[0026] Alguns resultados de teste estão indicados e, eventualmente, comparados a seguir. A composição das ligas resulta da tabela 1.

Liga	Elementos de liga em % em peso								Fe + impurezas
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Nb	
K490	1,47	0,82	0,34	6,28	1,57	3,86	4,09	0,01	Resto
K490-So	1,41	0,55	0,35	6,42	1,48	3,70	3,50	0,46	Resto

Tabela 1

[0027] Na tabela 2, das ligas K490 e K490-So, estão indicados os

valores médios de seis experimentos iguais da energia de impacto A em [J] de acordo com a norma SEP 1314, bem como, os valores de dureza medidos em [HRC] dos materiais que foram, respectivamente, temperados a uma temperatura de austenitização T_A de 1080°C, e foram revenidos em quatro temperaturas distintas três vezes duas horas.

Temperatura de revenimento [°C]	K490		K490-So	
	Energia de impacto A [J]	Dureza [HRC]	Energia de impacto A [J]	Dureza [HRC]
520	66,1	65,3	72,5	65,4
540	71,0	64,8	78,5	64,4
560	70,0	63,0	77,5	63,9
580	82,2	58,9	87,0	58,5

Tabela 2

[0028] A figura 1 e a figura 2 mostram os valores da tabela 1 em representação gráfica.

[0029] Por meio dos valores da tabela 2 e das representações gráficas na figura 1 e na figura 2 o especialista reconhece uma alta tenacidade das ligas do aço ferramenta para trabalho a frio de acordo com a invenção, durante a têmpera e o endurecimento acima de 60 HRC. Este valor limite da dureza de 60 HRC, que para muitos objetos na aplicação prática frequentemente é tornado condição de fornecimento, como foi encontrado, pode ser obtido em um revenimento com uma temperatura de até 570°C com um aquecimento em três vezes com uma duração de 2 horas. Com isto é possível obter o emprego de processos de revestimento para uma aplicação de camadas de material duro, que, por motivos cinéticos se desenvolvem em altas temperaturas de 540°C e mais altas, de máxima resistência à aderência no substrato e, deste modo, melhorar essencialmente as propriedades de uso de objetos de aço trabalhados a frio.

[0030] De acordo com uma execução da invenção, por meio da adição de nióbio (K490-So), pode ser aumentada ainda mais, em particular, a tenacidade do material temperado e revenido, com uma dureza, em essência, igual.

[0031] Como mostram os exames com alta ampliação das estruturas da textura, isto pode ser atribuído a um refinamento do grão de carboneto.

[0032] A figura 3 mostra, por exemplo, o material K490 com estrutura fina, o qual foi obtido através de uma fabricação por PM.

[0033] Como revelado na figura 4, o tamanho das partículas de carboneto pode ser reduzido por meio de adição de Nb, no caso em questão de 0,46% em peso, o que causa um aumento da tenacidade do material. Ligado com isto estão uma dissolução mais rápida de carbonetos durante a austenitização do material, e uma transformação martensítica, durante a dissolução, para profundidades maiores do objeto.

[0034] A figura 5 e a figura 5A mostram a desmoldagem e a composição de carbonetos, os quais surgiram durante um efeito de embrião de NbC. Como mostrado na figura 5, com relação à matriz, os carbonetos de tungstênio e molibdênio que aparecem com alta clareza são menores e limitados de modo mais exato. Em oposição a isto, os carbonetos de nióbio, de molibdênio, de tungstênio e de vanádio são formados com ampla passagem para a matriz. O exame da composição de carboneto mostra, como se conclui da figura 5A, o efeito de embrião de NbC durante a moldagem de carboneto.

REIVINDICAÇÕES

1. Aço ferramenta para trabalho a frio, caracterizado pelo fato de que o aço consiste em, em % em peso:

C = 1,1 a 1,7

Mn = 0,1 a 0,6

Si = 0,4 a 1,1

Cr = 5,6 a 7,0

Mo = 1,2 a 1,8

V = 3,5 a 3,9

W = 1,1 a 5,0

Nb = até 1,0,

com a condição de que o valor de

$$W_{Nb} = \frac{(Mo + W/2) + V}{Nb}$$

Nb

seja menor do que 88,

e o restante sendo ferro com menos de 0,4 % em peso de elementos secundários e impurezas,

de modo que apresenta uma dureza de, pelo menos, 60 HRC com uma tenacidade, medida através de energia de impacto de acordo com a norma SEP 1314, maior que 50 J.

2. Aço ferramenta para trabalho a frio de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a concentração de pelo menos um elemento de liga apresenta os seguintes valores em % em peso:

C = maior que 1,2, menor que 1,6, de preferência, de 1,35 a 1,55,

Mn = maior que 0,2, menor que 0,55, de preferência, de 0,3 a 0,5,

Si = maior que 0,45, menor que 1,0, de preferência, de 0,5 a 0,9,

Cr = maior que 5,7, menor que 6,9, de preferência, de 5,8 a 6,5,

Mo = maior que 1,3, menor que 1,7, de preferência, de 1,4 a 1,6,

V = maior que 3,55, menor que 3,9, de preferência, de 3,6 a 3,8,

W = maior que 1,9, menor que 4,5, de preferência, de 3,1 a 4,4,
Nb = maior que 0,1, menor que 0,9, de preferência, de 0,4 a 0,75.

3. Aço ferramenta para trabalho a frio de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que, na superfície de trabalho, tem um revestimento, que é aplicado com uma temperatura de pelo menos 500°C, eventualmente de 550°C e mais alta, durante o revenimento.

4. Aço ferramenta para trabalho a frio de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que apresenta uma dureza maior que 62 HRC, em particular, de 63 a 65 HRC, com uma tenacidade, medida através de uma energia de impacto de acordo com a norma SEP 1314, maior que 60 J, em particular, maior que 65 J.

5. Aço ferramenta para trabalho a frio de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que apresenta um revestimento de material duro aplicado com a temperatura acima de 500°C.

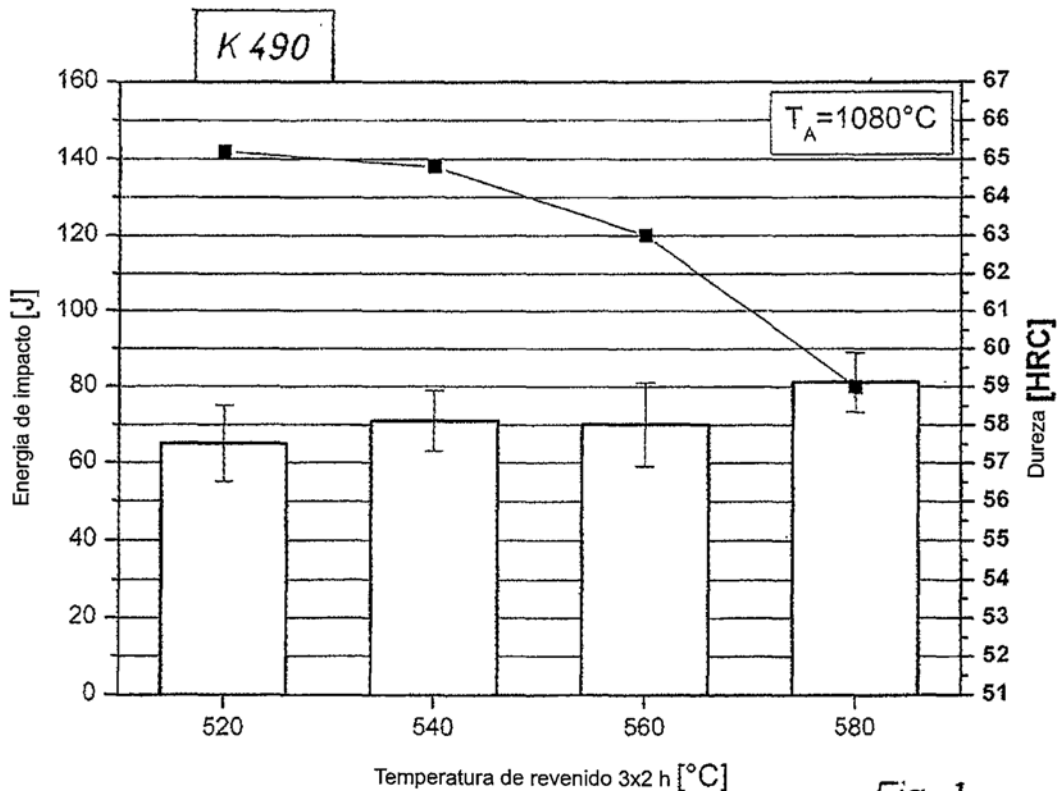


Fig. 1

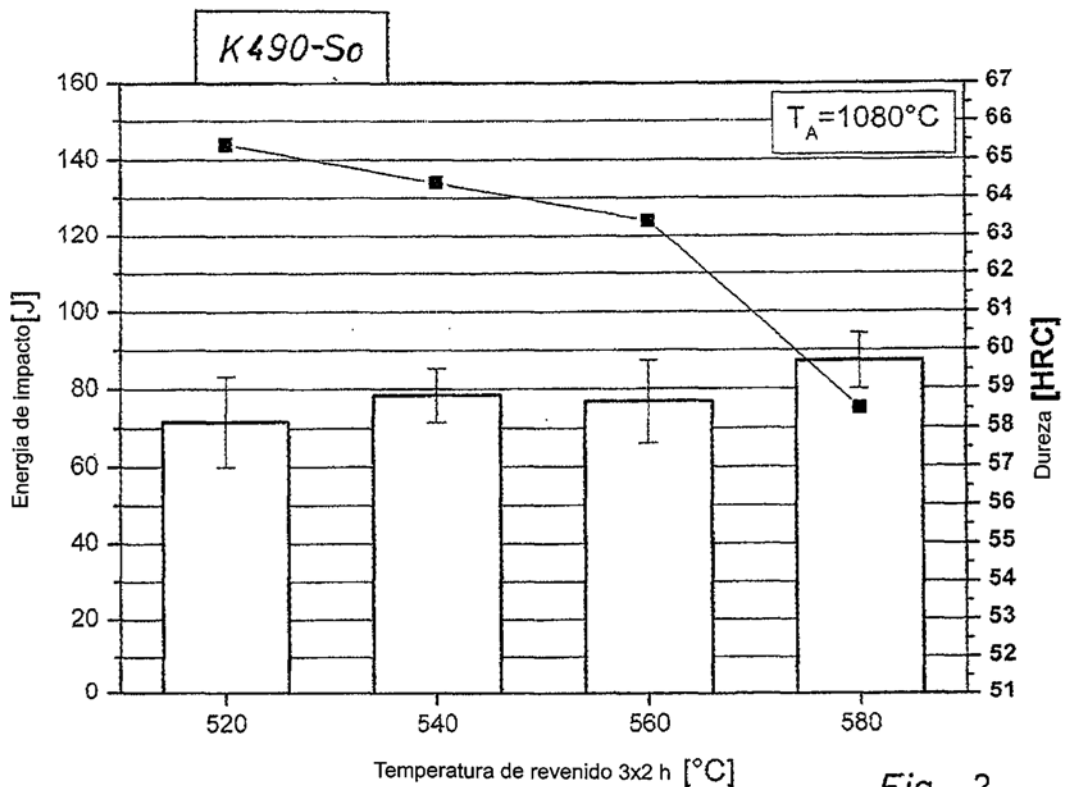


Fig. 2

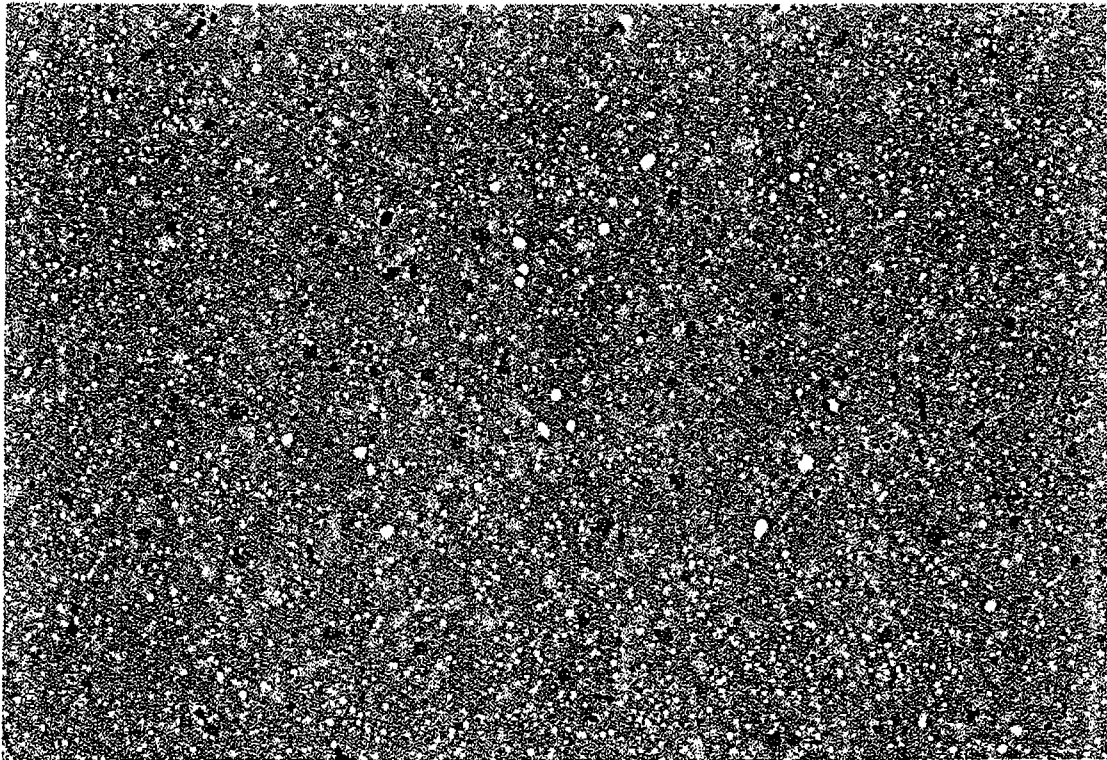


Fig. 3

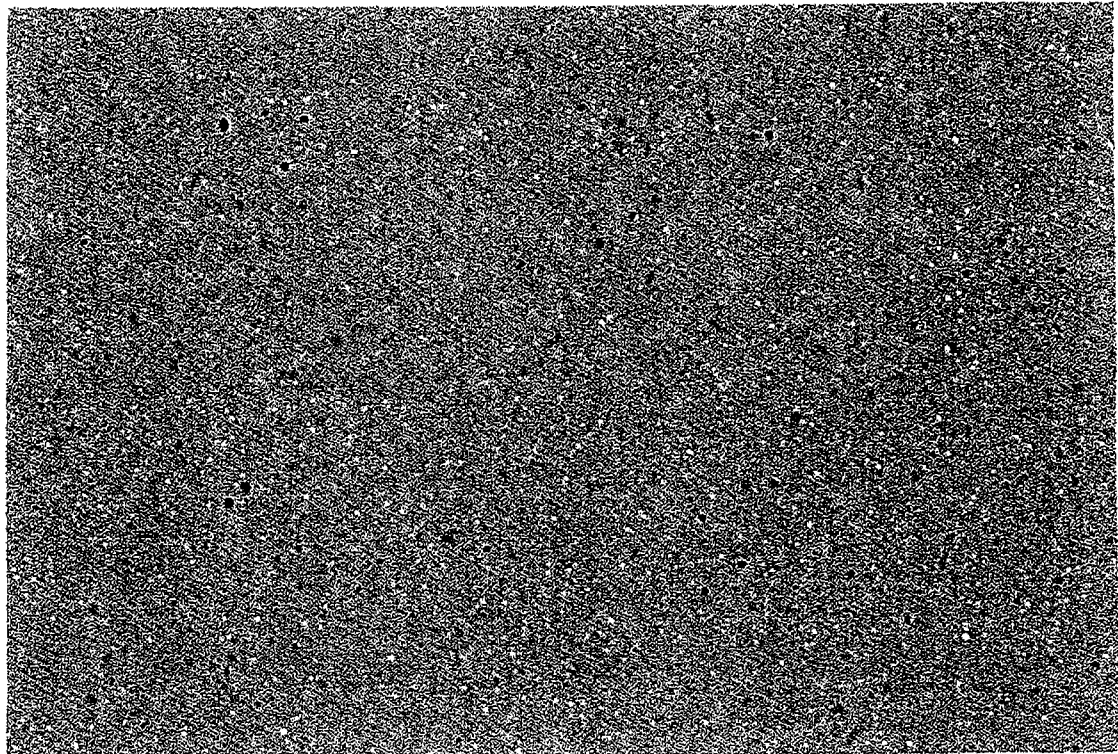


Fig. 4

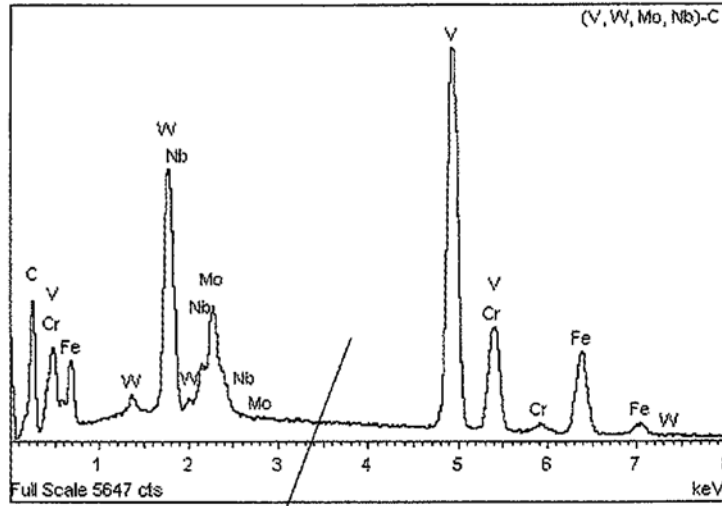


Fig. 5A

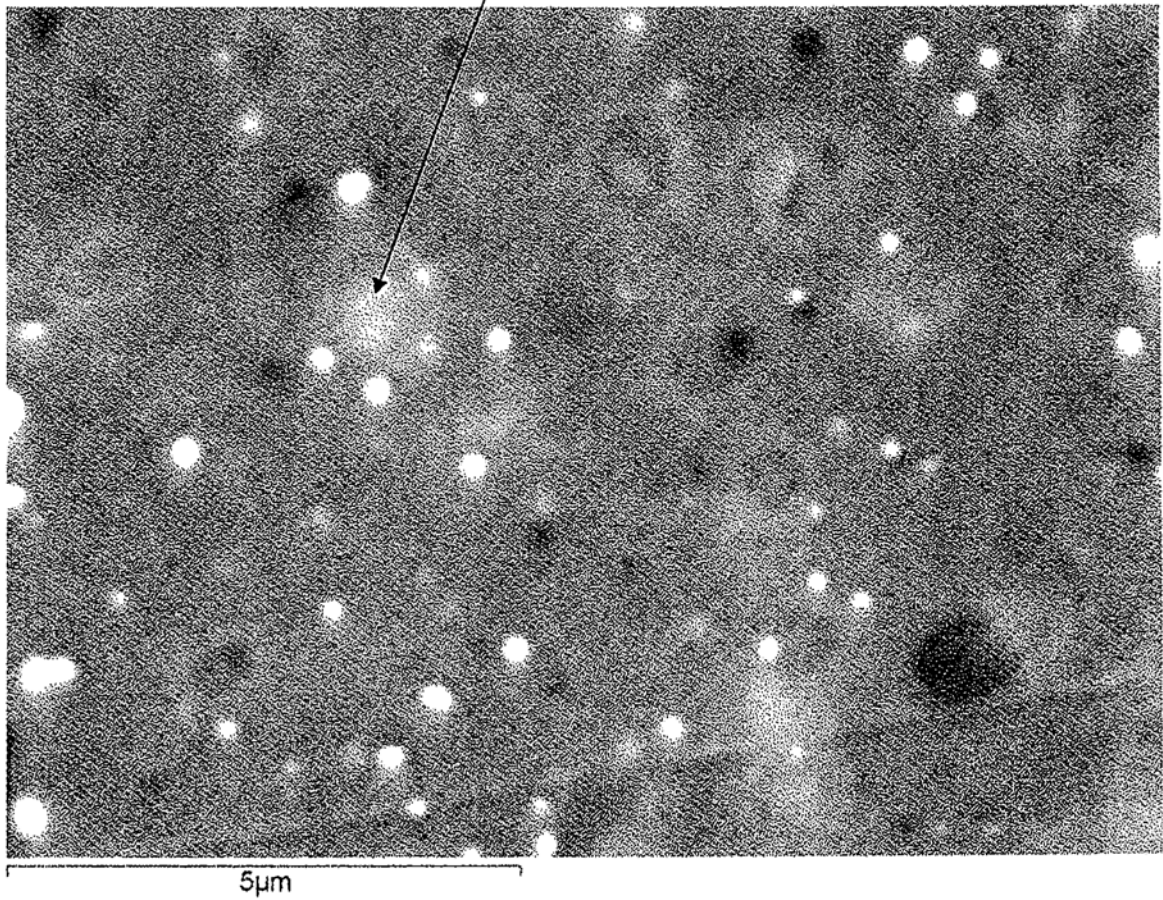


Fig. 5