Octrooiraad

(10)A **Terinzagelegging** (11) **7907018**

Nederland (19) **NL**

(54) **Poeder-metallurgisch vervaardigde stalen voorwerpen met een hoog gehalte aan vanadiumcarbide.**

(51) Int.Cl³.: C22C38/24, C22C38/36, C22C33/02.

(71) Aanvrager: Crucible Inc. te Pittsburgh, Pennsylvanië, Ver.St.v.Am.

(74) Gem.: Ir. H. Mathol c.s.
Octrooi- en Merkenbureau van Exter
Willem Witsenplein 3 & 4
2596 BK 's-Gravenhage.

(21) Aanvrage Nr. 7907018.

(22) Ingediend 20 september 1979.

(32) Voorrang vanaf 20 september 1978.

(33) Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).

(31) Nummer van de voorrangsaanvrage: 944514 .

(23) - - .

(61) - -

(62) - -

(43) Ter inzage gelegd 24 maart 1980.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Aanvraagster: CRUCIBLE INC., TE PITTSBURG - U.S.A.
Titel: Poeder-metallurgisch vervaardigde stalen voorwerpen met een hoog gehalte aan vanadiumcarbide.

De uitvinding heeft betrekking op poeder-metallurgisch vervaardigde gereedschapsstalen voorwerpen met een hoge slijtweerstand.

Het is bekend dat gereedschapstaal en de daaruit vervaardigde voorwerpen een hogere slijtweerstand bezitten als het gehalte aan gedispergeerde MC-carbide hoog is. Bij een hoger carbidegehalte wordt het staal minder goed bewerkbaar. Hieruit vloeit voort dat bij de op nomale wijze gesmolten en gegoten legeringen van dit type het gehalte aan MC-carbide aan praktische grenzen gebonden is.

In het bijzonder moeten gereedschapstaal en de daaruit vervaardigde voorwerpen aan een bepaalde kombinatie voldoen wat betreft breukweerstand bij het gebruik onder zware belastingen, om tegen vervormingen bestand te zijn, slijtweerstand om slijtage tijdens de aanraking met het werkstuk tegen te gaan, zoals bij walsen extruderen, straalonderdrukken, ponsen, splijten enz., en tenslotte taaiheid om het afbreken of afschilferen van het gereedschap tijdens de aanraking met het werkstuk te voorkomen. Voor dit doel maakt men zoals bekend gebruik van gereedschapstaal waarvan de matrix uit een stalen legering met daarin gedispergeerde carbidedeeltjes bestaat, waarbij de carbidedeeltjes de slijtweerstand verhogen en de matrix de vereiste sterkte en taaiheid levert. Bij dit soort legeringen wordt aangenomen dat de slijtweerstand met de verhoging van het carbidegehalte, in het bijzonder vanadiumcarbide van het MC-type, toeneemt. Deze carbiden dragen door hun relatieve hardheid in hoge mate tot de slijtweerstand bij. Men verkrijgt grote hoeveelheden vanadiumcarbide van het MC-type door het carbidevormende vanadium van het MC-type stoeichiometrisch met koolstof te vermengen. Voor de vorming van MC-vanadiumcarbide is de stoichiometrische hoeveelheid 1% vanadium en 0,2% koolstof.

Verder is bekend dat bij het verhogen van het carbidegehalte de taaiheid van het staal afneemt, terwijl verder de taaiheid en de bewerkbaarheid nadelig beinvloed worden door de carbide-afscheiding

die tijdens het stollen van de gietlingen of andere legeringsgietstukken optreedt, waarbij de carbidedeeltjes onvermijdelijk tot ongewenste grootte groeien. Daarom wordt in normaal gereedschapstaal het gehalte aan MC-vanadiumcarbide tot een maximum van ongeveer 8,2 vol% beperkt.

Het Amerikaanse octrooischrift 3.746.518 beschrijft in het algemeen kobalt-, ijzer- en nikkellegeringen met een groot aantal carbidevormende elementen maar maakt geen onderscheid tussen de verschillende massa's of de verschillende carbidevormende elementen en noemt geen grens met betrekking tot een van de carbidevormende elementen, waaruit blijkt dat deze faktoren als onbelangrijk worden beschouwd. Hier staat tegenover dat de onderhavige uitvinding uitsluitend betrekking heeft op ijzerlegeringen met vanadium als het kritische carbidevormende element terwijl kritische grenzen worden aangegeven met betrekking tot het vanadium- en vanadiumcarbidegehalte.

De onderhavige uitvinding beoogt nu in de eerste plaats een poedermetallurgisch gevormd stalen voorwerp te verschaffen met een hoog gehalte aan vrijwel sferische en gelijkmatig verdeelde MC-vanadiumcarbidedeeltjes, die de voorwerpen een aanzienlijk grotere slijtbestendigheid verlenen, terwijl de taaiheid en de bewerkbaarheid op een aanvaardbare niveau gehandhaafd blijven.

De uitvinding zal nu worden toegelicht aan de hand van de voorbeelden en de tekening, hierin is:

Fig. 1 een microfoto van een deel van een voorwerp uit gereedschapstaal vervaardigd volgens de werkwijze der uitvinding, waarbij in de legeringsmatrix de kenmerkende vanadiumcarbideformatie van het MC-type zichtbaar is.

Fig. 2 dezelfde microfoto als in fig. 1 maar met een hoger gehalte aan MC-vanadiumcarbide volgens de uitvinding.

Fig. 3 dezelfde microfoto als in fig. 1 en 2 met een nog hoger en volgens de uitvinding maximaal gehalte aan MC-vanadiumcarbide.

Fig. 4 dezelfde microfoto als in de fig. 1, 2 en 3 met een MC-vanadiumcarbidegehalte dat boven de grens volgens de uitvinding ligt en waarvan enkele carbidedeeltjes groter dan 15 micron, niet bolvormig en volgens de uitvinding niet gelijkmatig verdeeld zijn.

Fig. 5 een microfoto van een deel van een voorwerp uit gereedschapstaal met een samenstelling en in het bijzonder een vanadiumgehalte volgens de uitvinding, maar van een gegoten voorwerp in plaats van een poeder-metallurgisch vervaardigd voorwerp.

Fig. 6 een microfoto van een deel van het hetzelfde voorwerp uit gereedschapstaal als in fig. 5, maar met een hoger vanadiumgehalte.

Fig. 7 een grafiek die het verband aangeeft tussen de slagsterkte en het MC-vanadiumcarbidegehaIte.

Fig. 8 een grafiek die het verband aangeeft tussen de slijtweerstand en het MC-vanadiumgehalte.

Fig. 9 een grafiek die de invloed toont van de austenietbehandeling op de hardheid van een poeder-metallurgisch vervaardigd voorwerp volgens de uitvinding en aangeduid met monster CMP 10V.

Fig. 10 een grafiek die de invloed toont van de ontlaattemperatuur gedurende twee maal twee uur op de hardheid van een poedermetallurgisch vervaardigd voorwerp volgens de uitvinding en aangeduid met monster CPM 10V.

De aanduiding "vanadiumcarbide van het MC-type" wordt hier gebruikt voor carbiden met een vlakken gecentreerd kubusvormig rooster, waarin "M" het carbide vormende element aangeeft, in hoofdzaak vanadium. Hierbij zijn de vanadiumcarbiden van het M_4C_3-type inbegrepen, waarbij bovendien koolstof gedeeltelijk door stikstof en/of zuurstof kan zijn vervangen, dat wil zeggen de "carbonitriden" en "oxycarbonitriden". Hoewel het poeder metallurgisch vervaardigde voorwerp volgens de uitvinding alle vanadiumcarbiden van het MC-type kan bevatten kunnen ook andere carbidesoorten, bijvoorbeeld M_6C, M_2C en $M_{23}C_6$-carbiden in geringe hoeveelheden aanwezig zijn wat echter volgens de onderhavige uitvinding van geen belang is.

Een "poeder-metallurgisch voorwerp" wordt vervaardigd uit een samengeperst, een legeringvormende metaalpoeder dat onder invloed van warmte en druk tot een samenhangende massa met de uiteindelijke vorm een dichtheid van meer dan 99% van de theoretische dichtheid, geperst wordt, waarbij de tussenprodukten zijn inbegrepen, bijv. gewalste knuppels, loepen, staven, stangen enzovoort, evenals de

eindprodukten zoals voorwerpen uit gereedschapstaal, onder andere rollen, ponsen, stempels, slijtplaten enzovoort die uit de tussenprodukten van het oorspronkelijke gelegeerde artikel vervaardigd kunnen worden.

Volgens de uitvinding bestaat een legering vormend metaalpoedermengsel uit een staallegeringmatrix met een homogene dispersie van MC-vanadiumcarbide met een hoeveelheid van 10-18 vol%, bij voorkeur 15-17 vol% of 13, 3-17, 2 vol%. De carbidedeeltjes zijn praktisch bolvormig en homogeen verdeeld. Meer in het bijzonder bevat de poederlegering, waaruit de poedermetallurgische artikelen volgens de uitvinding vervaardigd worden, de volgende metallurgische samenstelling in gew% met een MC-vanadiumcarbidegehaltе in vol%, binnen de aangegeven grenzen;

	Algemeen	Bij voorkeur	Bij voorkeur
Mangaan	0,2 tot 1,5	0,4 tot0.6	0,2 tot 1
Silicium	2 max.	1 max.	2 max.
Chroom	1,5 tot 6	5 tot 5,5	4,5 tot 5,5
Molybdeen	0,50 tot 6	1,15 tot 1,4	0,80 tot 1,7
Zwavel	0,30 max.	0,09 max.	0,14 max.
Vanadium	6 tot 11	9,25 tot 10,25	8 tot 10,5
Koolstof	1,6 tot 2,8	2,40 tot 2,50	2,2 tot 2,6
IJzer*	tot 100%	tot 100%	tot 100%
MC-vanadium-carbide (vol%)	~10 tot 18	~15 tot 17	~13,3 tot 17,2

De voorwerpen volgens de uitvinding worden gekenmerkt door homogeen verdeelde, praktisch bolvormige, MC-vanadiumcarbiden. Het koolstofgehalte wordt ten opzichte van het vanadium-, chroom- en molybdeengehalte zodanig gekozen dat het poeder-metallurgisch artikel tot een hardheid van tenminste 56 R_c kan worden verhit.

Als bij de metallurgische samenstelling van de poedervormige legering het mangaangehalte boven de hierboven genoemde grens ligt levert het ontlaten van het gevormde voorwerp tot de voor machinale bewerkingen vereiste geringe hardheid problemen op. Als het mangaangehalte te laag is ontstaat te weinig mangaansulfide waardoor de machinale bewerkbaarheid onvoldoende is. Als het siliciumgehalte boven de maximale grens ligt is de hardheid van het voorwerp na het

* in staal gewoonlijk voorkomende elementen en verontreinigingen inbegrepen.

aflaten te groot voor machinale bewerking. Chroom is nodig om bij het verhitten een voldoende hardheid te verkrijgen en verhoogt bovendien de taaiheid bij hoge temperaturen. Als het chroomgehalte te hoog is vormt zich bij hoge temperaturen ferriet of blijven bij het verhitten te grote hoeveelheden austeniet bestaan. De vorming van ferriet bij hoge temperaturen beinvloedt de bewerking bij hoge temperaturen nadelig, terwijl behoud van de austenitische struktuur het bereiken van de gewenste hoge hardheid tijdens de verhitting afremt. Molybdeen verleent evenals chroom bij hoge temperaturen taaiheid en hardheid aan de uit de legering gevormde voorwerpen. Zwavel bevordert de machinale bewerkbaarheid door de vorming van mangaansulfiden. Koolstof en vanadium moeten met elkaar in evenwicht gebracht worden ter vorming van MC-vandiumcarbiden die voor de slijtweerstand zorgen. Verder is het voor een goede verharding van de matrix noodzakelijk dat voldoende koolstof aanwezig is om zich met het aanwezige vanadium te verbinden en voor het versterken van de matrix te zorgen.

De deeltjesvormige lading kan volgens elke gewenste poedermetallurgische methode tot het gewenste produkt geperst worden voor zover deze methoden geen te sterke onvoordelige groei en agglomeratie van carbiden veroorzaken. Aan de bekende methode van het heet isostatisch persen van een ingesloten gelegeerde zeer fijn poedervormige lading in een autoclaaf wordt de voorkeur gegeven.

De uitvinding heeft ook betrekking op poeder-metallurgisch vervaardigde staallegeringen en poedermetallurgisch vervaardigde voorwerpen die praktisch alle MC-vanadiumcarbiden bevatten. Bovendien kan door het vandiumgehalte en het MC-vanadiumcarbidegehaltE op een kritsch niveau te brengen een tot nu toe nog niet bereikte combinatie van slijtweerstand en taaiheid alsmede een aanvaardbare afslijpbaarheid verkregen worden.

De uitvinding wordt toegelicht aan de hand van de in tabel A aangegeven legeringen. De legeringen CMP 6V, CMP 11V en CPM 14V vervaardigt men door (1) bereiding van een poedervormige legering door inductief smelten en gasverstuiven, (2) zeven van het poeder tot -40 mesh (U.S.Standaard), (3) plaatsen van het poeder in een zacht stalen kan met een diameter van 12,8 cm en een hoogte van 15,2 cm,

(4) ontgassen en luchtdicht afsluiten van de kan, (5) verhitten van de kan op een temperatuur van 1130°C gedurende 9 uren, (6) consolidatie bij een isostatische druk van 13,2 ksi tot de volle dichtheid en (7) afkoeling tot normale temperatuur. De compacte massa wordt daarop heet gesmeed (bij een temperatuur van 1093°C) tot vierkante 2,5 cm staven waaruit verschillende proefmonsters worden vervaardigd.

Ter vergelijking vervaardigt men soortgelijke samenstellingen, die met C6V en C11V worden aangeduid, door induktief smelten tot een hete massa met een gewicht van 45 kg die men in 12,7 cm vierkante gietvormen, bekleed met vuurvaste steen giet. Deze gietstukken worden daarop op dezelfde wijze als met de overeenkomstige poedermetallurgische materialen CPM 6V en CPM 11V bij een temperatuur van 1093°C gesmeed. Het in tabel A genoemde C6V-staal kan bij zeer voorzichtige behandeling tot 7,6 cm vierkante staven gesmeed worden, terwijl in het in tabel A genoemde C11V staal bij het smeden onmiddellijk zware barsten optreden waardoor bewerking praktisch onmogelijk is. Uit deze proef blijkt dus dat de poeder-metallurgische produkten CPM 6V en CPM 11V bij hoge temperatuur aanzienlijk beter bewerkt kunnen worden.

Het materiaal van CPM 10V vervaardigt men door (1) bereiding van de poedervormige legering door induktief smelten en verstuiven met gas, (2) zeven van het poeder tot -16 mesh (U.S.Standaard), (3) plaatsen van het poeder in een zacht stalen kan (diameter 32,38 cm, hoogte 152 cm), (4) ontgassen van de kan, (5) verhitten van de kan tot een temperatuur van 1159°C, (6) consolideren bij een isostatische druk van 12 ksi tot de volle dichtheid, (7) afkoelen tot omgevingstemperatuur. De compacte massa wordt vervolgens (1) verhit tot een temperatuur van 1130°C, (2) heet gewalst tot knuppels met een dwarsdoorsnede van 26,7 bij 7,6 cm, (3) ontlaten, (4) conditioneren, (5) op 1117°C verhitten, (6) tot een dwarsdoorsnede van 21,5 x 4,9 cm walsen en (7) tot een dwarsdoorsnede van 20,3 x 4,4 cm machinaal bewerken.

Het CPM 16V-materiaal vervaardigt men door (1) bereiding van de poedervormige legering door induktief smelten en verstuiven met gas, (2) zeven van het poeder tot -20 mesh (U.S.Standaard), (3) plaatsen van het poeder in een zacht stalen kan (diameter 2,5 cm,

7907018

TABEL A

Soort en eigenschappen van de onderzochte staalsoorten

Staalsoort	Eigen Code	Bereiding-wijze	MC-vanadium-carbide gehalte (Vol.%)	Chemische samenstelling (gew.%)						
				C	Mn	Si	Cr	V	Mo	Fe
CPM 6V	391-79	P/M	10,5	1,62	0,26	1,97	1,56	6,30	0,81	tot 100%
CPM 11V	391-81	P/M	17,7	2,50	0,27	1,76	1,66	10,84	0,92	tot 100%
CPM 14V	515-18	P/M	22,7	3,04	0,42	2,08	1,28	14,10	1,16	tot 100%
C6V	2455	gieteling	10,2	1,60	0,49	2,10	1,50	6,10	0,60	tot 100%
C11V	2456	gieteling	18,2	2,66	0,53	2,34	1,20	11,16	1,00	tot 100%
CPM 10V	P 67216-2 (CRC 75-73)	P/M	16,2	2,40	0,45	0,89	5,25	9,85	1,26	tot 100%
CPM 16V	456-401	P/M	25,4	3,49	0,50	0,91	4,83	15,94	1,32	tot 100%

hoogte 10,2 cm), (4) ontgassen van de kan, (5) verhitten van de kan tot een temperatuur van 1172°C, en (6) consolideren met een smeedpers tot de volle dichtheid.

Ter bepaling van het gedrag van de legeringen onderzoekt men de voornaamste eigenschappen met betrekking tot het koud bewerken, onder andere (1) de microstruktuur, (2) de hardheid na hittebehandeling als maatstaf van de taaiheid, (3) buigsterkte en slagsterkte als maatstaf van de taaiheid en (4) slijtage bij de gekruisde cilinderslijtproef als maatstaf voor de slijtweerstand.

De eigenschappen van de MC-vanadiumcarbiden in de voorwerpen uit CPM 6V, CPM 11V, CPM 14V, C6V en C11V zijn in de fig. 1, 2, 3, 4, 5 en 6 aangegeven. Door toepassing van een speciale bekende selektieve etsmethode (aanbrengen van picral en daarna Murakami's reagens[1]) worden de MC-vanadiumcarbiden zichtbaar in de vorm van witte deeltjes op een donkere achtergrond (die alle andere microbestanddelen bevat).

De MC-vanadiumcarbidedeeltjes zijn zoals duidelijk te zien is, in de staalsoorten CPM 6V, CPM 10V en CPM 11V in de fig. 1, 2 en 3, homogeen verdeeld, klein en in hoofdzaak kogelvormig. Tenminste 90% van de MC-vanadiumcarbiden zijn minder dan 3 micron en geen enkel meer dan 15 micron in lengte, breedte of hoogte. Daar staat tegenover dat CPM F en C11V in de fig. 5 en 6 gekenmerkt worden door aanwezigheid van duidelijk grotere, hoekig gevormde, dat wil zeggen niet bolvormige, MC-vanadiumcarbiden. Deze grote hoekige carbiden komen opeengehoopt in de gehele microstruktuur van het voorwerp voor zodat de MC-vanadiumcarbiden niet homogeen verdeeld zijn. Wat de eigenschappen van de MC-vanadiumcarbiden betreft, zijn CPM 6V, CPM 10V en CPM 11V kenmerkend voor de MC-vanadiumcarbide bevattende voorwerpen volgens de onderhavige uitvinding, terwijl CPM 14V, C6V en C11V in dit opzicht buiten het kader van de onderhavige uitvinding vallen.

Behalve de afmetingen, de vorm en de verdeling is volgens de

1) Picral bestaat uit 5 g picrinezuur en 100 ml ethylalcohol; het Murakami-reagens bestaat uit 10 g kaliumferricyanide en 7 g natriumhydroxyde in 100 ml water.

F: 14V in fig. 4 en de gietelingen van de staalsoorten C6V

onderhavige uitvinding de hoeveelheid MC-vanadiumcarbiden in het voorwerp van groot belang. Men berekent de hoeveelheid in CPM 6V, CPM 10V, CPM 11V, CPM 14V, C6V en C11V aanwezige MC-vanadiumcarbiden, uitgaande van het algemeen aanvaarde feit, dat vanadium in het staal de vorm bezit van MC- of M_4C_3-carbiden, waarin M vanadium voorstelt en de procentuele gewichtsverhouding vanadium/koolstof 5 : 1 bedraagt. Hierbij wordt aangenomen dat in legeringen van dit type wolfraam gewoonlijk als zwerfelement aanwezig is dat niet met opzet wordt toegevoegd. Wat de andere vergelijkingsmaterialen betreft wordt het volumepercentage voor AISI A7 en D7 berekend op dezelfde basis als voor het proefstaal, bij een nominaal vanadiumgehalte van 4,75 en 4 gew.%, als het vanadiumgehalte van staal. Voor AISI M2- en M4- sneldraaistaal zijn de vol. percentages van de MC-vanadiumcarbidegehaltenontleend aan de technische publikatie van Kayser en Cohen in Metal Progress, juni 1952, blz. 79-85.

Hardheid is de maatstaf voor het vermogen van staal vervormingen tijdens het koud of warm bewerken te weerstaan. Gewoonlijk is een minimale hardheid van R_c 56 vereist. De resultaten van de hardheidsproeven in tabel E zijn volgens ASTM E 18-67 standaard verkregen na een warmtebehandeling en omzetting in austeniet bij 937°C gedurende 1 uur, snel afkoelen in olie en aanlaten bij 260°C gedurende 2 maal 2 uur.

TABEL B

Staalsoort	Voorwerp	MC-vanadiumcarbidegehalte	Hardheid (R_c)
CPM 6V	P/M	10,5 vol.%	62
C6V	gieteling	10,2 "	56
CPM 11V	P/M	17,7 "	63
C11V	gieteling	18,2 "	50

De hogere kwaliteit van het produkt volgens de uitvinding (CPM 6V en CPM 11V) ten opzichte van de gegoten produkten (C6V en C11V) na de warmtebehandeling is zeer duidelijk.

Men onderwerpt CPM 10V-monsters aan een groot aantal warmtebehandelingen dat wil zeggen omzetting in austeniet, afkoeling en aanlaten. De resultaten van de omzetting in austeniet zijn in fig. 9 weergegeven, waarin het verband tussen tijd en temperatuur als volgt is:

Temperatuur (°C)	Tijd (minuten)
992	60
1048	60
1131	15
1158	10
1186	4
1242	4

De resultaten van het ontlaten worden in fig. 10 getoond. Uit deze fig. blijkt dat men de door verhitting verkregen hardheid van 56 R_c van de voorwerpen volgens de uitvinding kan bereiken bij sterk uiteenlopende austenietvormings- en ontlaattemperaturen.

De buigsterkte is een maatstaf voor de taaiheid. De bepaling van deze eigenschap wordt bij omgevingstemperatuur uitgevoerd met monsters van 6,35 x 47,6 mm bij driepunt-belasting met een overspanning van 3,75 cm en een buigsnelheid van 2,5 mm per minuut. De buigsterkte, dat wil zeggen de belasting waarbij het monster breekt, wordt uit de volgende formule berekend;

$$S = \frac{3\,PL}{2bh^2}$$

S is de buigsterkte (psi of ksi)
P is de belasting waarbij breuk optreedt (lb.)
L is de overspanning (in.)
b is de breedte van het monster (in.)
h is de hoogte van het monster (in.)

De resultaten in tabel C werden verkregen met proefstukken na omzetting in austeniet bij 937°C gedurende 1 uur, snel afkoelen in olie en ontlaten bij 250°C gedurende 2 maal 2 uur.

TABEL C

Staalsoort	Voorwerp	Buigsterkte (ksi)
CPM 6V	P/M	700
C6V	gieteling	420

De hogere kwaliteit van het poedermetallurgische produkt volgens de uitvinding is zeer duidelijk.

De kerfslagproeven worden met Charpy-monsters bij kamertempera-

tuur volgens ASTM E23-72 uitgevoerd met een kerfradius van 1,75 cm. De resultaten zijn in tabel D samengevat.

TABEL D

Staalsoort	Voorwerp	MC-vanadiumcarbidegehalte(vol.%)	Hardheid (R_c)	Slagsterkte (ft-lb)
CPM 6V	P/M	10,5	62	35
CPM 10V	P/M	16,2	63	18
CPM 11V	P/M	17,7	63	16
C6V	gieteling	10,2	56	11
C11V	gieteling	18,2	50	1,5
AISI Type A7*	gieteling	8,0	61	11
AISI Type M4*	gieteling	9,0	63	12

*in de handel verkrijgbaar

Uit tabel D volgt dat de voorwerpen volgens de uitvinding zelfs bij een aanzienlijk hoger carbidegehalte een grotere taaiheid bezitten dan de bekende in de handel verkrijgbare voor koude of warme bewerking bestemde gereedschapmaterialen in hun optimale na warmtebehandeling verkregen toestand voor koude machinale bewerkingen.

De in tabel D genoemde hardheid is in fig. 7 grafisch weergegeven. Uit deze gegevens volgt dat bij een MC-vanadiumcarbidegehaltevan meer dan ongeveer 18 vol% de hardheid van het produkt volgens de uitvinding tot het normale hardheidsniveau afneemt, waardoor het voordeel van de uitvinding verloren gaat.

Voor het bepalen van de slijtweerstand wordt de slijtproef met gekruisde cilinders toegepast. Bij deze proef worden een cilindervormig monster (16mm diameter) van het betreffende gereedschapmateriaal voor koude of warme bewerking en een cilindervormig (17 mm diameter) wolfraamcarbidemonster (met 6% kobaltbindmiddel) loodrecht op elkaar geplaatst. Op een hefboom wordt een gewicht van 6,8 kg geplaatst. Vervolgens wordt de wolfraamcarbidecilinder met een snelheid van 657 omw/min. in beweging gebracht, waarbij geen smering wordt toegepast. Tijdens deze proef ontstaat op het monster uit gereedschapmateriaal een slijtplek. Van tijd tot tijd wordt de slijtage vastgesteld door meten van de diepte van de slijtplek op het monster, die men met behulp van een speciale formule omzet in het

slijtvolume. De slijtweerstand of omgekeerde slijtsnelheid wordt vervolgens berekend met behulp van de formule;

$$\text{Slijtweerstand} = \frac{1}{\text{slijtsnelheid}} = \frac{L\ \Delta s}{\Delta v} = \frac{L \pi d\ \Delta N}{\Delta v}$$

waarin:

v = het slijtvolume, $(in.^3)$

L = de belasting (lb.)

s = de slijtlengte, (in.)

d = de diameter van de wolfraamcarbidecilinder

N = aantal omwentelingen per minuut van de wolfraamcarbidecilinder

Deze proef toont een zeer sterke overeenkomst met in de praktijk voorkomende slijtomstandigheden.

Toepassing van deze slijtproef op de monsters volgens de uitvinding en op een aantal zeer veel gebruikte, zeer slijtvaste in de handel verkrijgbare gereedschapmaterialen voor koude en/of warme bewerking levert de in tabel E samengevatte resultaten.

TABEL E

Staalsoort	Voorwerp	Hardheid (R_c)	MC-vanadiumcarbidegehalte (vol%)	Slijtweerstand 10^{10} psi
CPM 11V	P/M	63	17,7	66
CPM 10V	P/M	63	16,2	90
CPM 6V	P/M	62	10,5	20
AISI A7*	gieteling	61	8,0	15
AISI D7*	gieteling	61	6,7	7
AISI M4*	gieteling	63	9,0	11
AISI M2*	gieteling	64	3,1	6

* in de handel verkrijgbaar

Uit de bovenstaande gegevens blijkt de hogere kwaliteit wat de slijtweerstand betreft van de legeringen volgens de uitvinding. Uit tabel D en fig. 8 blijkt in het bijzonder dat de slijtweerstand van het CPM 10 aanzienlijk beter is dan de slijtweerstand van CPM 11, dat een hoger MC-vanadiumcarbidegehaltе bezit en waarvan men zou kunnen verwachten dat de slijtweerstand hoger is. Zoals uit fig. 8

blijkt is een minimaal MC-vanadiumcarbidegehalte van 10 vol.% nodig om ten opzichte van de bekende materialen een aanzienlijk betere slijtweerstand te verkrijgen. Uit deze gegevens kan dus het minimale MC-vanadiumcarbidegehaltе voor de voorwerpen volgens de uitvinding worden vastgesteld. De bovengrens van het MC-vanadiumcarbidegehaltе volgt uit de ontdekking dat de naar verhouding grote MC-vanadiumcarbidedeeltjes in de microstruktuur van staal met een vanadiumgehalte van ongeveer 11% of hoger of een MC-vanadiumcarbidagehalte van ongeveer 18 vol.% of hoger, een nadelige uitwerking hebben op de slijpbaarheid van het staal. De slijpbaarheid is een belangrijke factor omdat slijpen zeer vaak bij de vervaardiging van gereedschappen en andere slijtvaste voorwerpen uit dergelijke staalsoorten wordt toegepast. De invloed van de grootte vanMC-vanadiumcarbidedeeltjes op de slijpbaarheid blijkt uit de resultaten van de volgende proef met monsters uit CPM 10V en CPM 16V. Deze twee staalsoorten bezitten praktisch dezelfde chemische samenstelling met uitzondering van het gehalte aan vanadium en koolstof/het gehalte aan MC-vanadiumcarbide, waarbij CPM 10V wel, en CPM 16V niet binnen het kader van de uitvinding valt.

Monsters van beide staalsoorten worden ruw machinaal bewerkt en voor de austenietvorming 4 minuten bij een temperatuur van 1158°C behandeld, in olie afgekoeld en 2 x 2 uur bij een temperatuur van 538°C ontlaten. Na deze behandeling is de hardheid van CPM 10V: 63,5 R_c en van CPM 16V: 64,5 R_c. Vervolgens worden de monsters machinaal tot een lengte 31,3 mm, een breedte van 9,88 mm, en een dikte van 8,7 mm gereduceerd.

De slijpbaarheid word bepaald met behulp van de horizontale spiloppervlakslijpmachine van Norton die van een heen en weer gaande tafel en een magnetische klauwplaat is voorzien. Het slijpen wordt onder de volgende omstandigheden uitgevoerd;

Horizontale aanzet	-0,008 in.
Aanzetsnelheid	- 92 ft./min.
Verticale aanzet	-0,0010 in./pass
Slijpschijf	- 4-A-54-H-10-V-FM
Slijpsnelheid	- 2000 opm

Koelmiddel - CX-30S

Afgeslepen monsteroppervlak -0,49 in.^{2}

Vóór elke proef wordt de dikte van het monster met een micrometer bepaald. Na 10 x doorlopen (met een verticale slijpschijfaanzet van 0,0254 mm/per keer) wordt de dikte van het monster opnieuw gemeten en het verschil in dikte berekend. Het verschil tussen de vertikale aanzet van de slijpschijf na 10 keer (10 x 0,254 mm = 2,54 mm) en de gemeten veranderingen in de dikte van het monster geeft de slijtage in de radiusrichting aan van de slijpschijf. Hoe kleiner de slijtage van de slijpschijf hoe beter de slijpbaarheid van het werkstuk.

De monsters CPM 10V en CPM 16V worden elk aan drie proeven onderworpen. De slijpschijf wordt vóór iedere proef opnieuw ingesteld.

Bij toepassing van de bovenbeschreven methode worden de volgende resultaten bereikt;

Staal	Verschillen in dikte van het monster (in.)	gemiddeld	Gemiddelde slijtage van de slijpschijf (in)
10V	0,0097, 0,0096, 0,0098	0,0097	0,0003
16V	0,0091, 0,0093, 0,0091	0,0092	0,0008

* Het verschil tussen de vertikale aanzet van de slijpschijf na 10 x (2,54 mm) en het gemiddelde verschil in dikte van het monster na 10 x.

Uit de resultaten volgt dat het 16V-monster dat niet binnen de kader der uitvinding valt en dat wat het MC-vanadiumcarbidegehalteBetreft boven de maximale grens volgens de uitvinding ligt, onbevredigende slijpeigenschappen bezit die aanzienlijk minder zijn dan die van het 10V-monster dat binnen het kader der uitvinding valt.

Uit staven CPM 11V staal met een diameter van 19,2 mm worden "koude extrusiestempels" vervaardigd en als stempels bij de vervaardiging van bougiemantels uit AISI 1008-staal gebruikt. De werking van de stempels volgt uit het aantal mantels dat kan worden vervaardigd voordat door te grote slijtage vervanging noodzakelijk wordt. De resultaten zijn in tabel F aangegeven.

TABEL F

Stempelmateriaal	MC-Vanadiumcarbidegehalte (Vol.%)	Gemiddelde aantal per stempel vervaardigde delen (per 1000)
CPM 11V	17,7	42
AISI M4*	9,0	22

*In de handel verkrijgbaar

De betere prestaties van de CPM 11V legering volgens de uitvinding ten opzichte van het sneldraaistaal type AISI M4 spreken vanzelf.

Een ander voorbeeld is een stempel uit CPM 10V staal dat men als gereedschap voor het ponsen van gleuven in met ijzeroxyde bekleede plaatjes gebruikt, waarbij zonder slijtage of vervorming van het gereedschap 40 miljoen plaatjes kunnen worden vervaardigd. Hierbij vergeleken kan men met hetzelfde gereedschap uit AISI D7 (met 4 vol.% vanadium of 6,7 vol.% vanadiumcarbide) slecht 8 tot 12 miljoen plaatjes vervaardigen. Een andere proef wordt met een stempel uit CPM 10V uitgevoerd waarmee gleuven in 0,38 mm dikke koperberylliumlegeringstrips ter vervaardiging van elektronische onderdelen worden geponst. Terwijl hetzelfde stempel vervaardigd uit AISI D2 koud gereedschapstaal met een hardheid na warmtebehandeling van R_c 60 tot 62 gewoonlijk na vervaardiging van 75.000 delen versleten is en een ander vervaardigd uit AISI M4 sneldraaistaal met een hardheid van R_c 64 na de warmtebehandeling na 200.000 delen enige slijtage vertoont, toont het stempel vervaardigd uit CPM 10V met een hardheid na de warmtebehandeling van R_c 60 geen slijtage na de vervaardiging van 200.000 delen.

De voorwerpen volgens de uitvinding kunnen zonder moeilijkheden tot gereedschapsonderdelen omgevormd en, ontlaten tot een Brinellhardheid van 250-300, machinaal bewerkt, geslepen en geboord worden enzovoort onder vorming van het gewenste gereedschapstaal.

CONCLUSIES

1. Poeder-metallurgisch voorwerp m e t h e t k e n m e r k, dat het vervaardigd is uit een geperste poedervormige legering, bestaande uit 0, 2-1, 5 gew.% mangaan, maximaal 2% silicium, 1, 5-6 gew.% chroom, 0, 5-6 gew.% molybdeen, maximaal 0,3 gew.% zwavel, 6-11 gew.% vanadium, 1, 6-2, 8 gew.% koolstof en tot 100% ijzer alsmede toevallige elementen en verontreinigingen die gewoonlijk bij staalbereiding aanwezig zijn en dat het voorwerp een dispersie van alle MC-vanadiumcarbiden bevat in een hoeveelheid van ongeveer 10-18 vol.%, de carbiden homogeen verdeeld en bolvormig zijn en ten opzichte van chroom, molybdeen en vanadium voldoende koolstof aanwezig is om het voorwerp tot een hardheid van tenminste 56 R_c te kunnen verhitten.

2. Poeder-metallurgisch voorwerp volgens conclusie 1, m e t h e t k e n m e r k, dat de poedervormige legering bestaat uit 0, 4-0, 6 gew.% mangaan, maximaal 1 gew.% silicium, 5-5,5 gew.% chroom, 1,15 -1,4 gew.% molybdeen, maximaal 0,09 gew.% zwavel, 9,25 -10,25 gew.% vanadium, 2,4-2,5 gew.% koolstof en tot 100% ijzer alsmede de bij staalbewerking gewoonlijk toevallige aanwezige elementen en verontreinigingen, en dat het voorwerp een dispersie van praktisch alle MC-vanadiumcarbiden bevat met een hoeveelheid van ongeveer 15-17 vol.%.

3. Poeder-metallurgisch voorwerp volgens conclusie 1, m e t h e t k e n m e r k, dat de poedervormige legering bestaat uit 0,2-1 gew.% mangaan, maximaal 2 gew.% silicium, 4,5-5,5 gew.% chroom, 0,8-1,7 gew.% molybdeen, maximaal 0,14 gew.% zwavel, 8-10,5 gew.% vanadium, 2,2-2,6 gew.% koolstof en tot 100% ijzer alsmede de bij staalbereiding gewoonlijk toevallig aanwezige elementen en verontreinigingen, en dat het voorwerp een dispersie van praktisch alle MC-vanadiumcarbiden bevat met een hoeveelheid van ongeveer 13,3-17,2 vol.%.

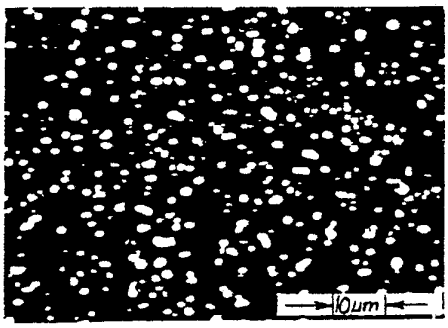

FIG. 1

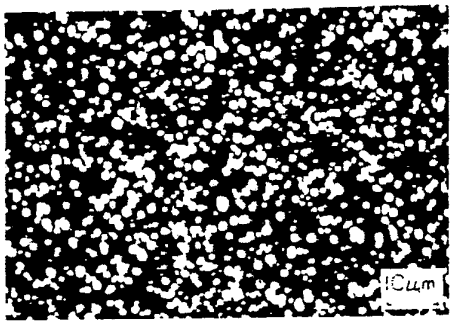

FIG. 2

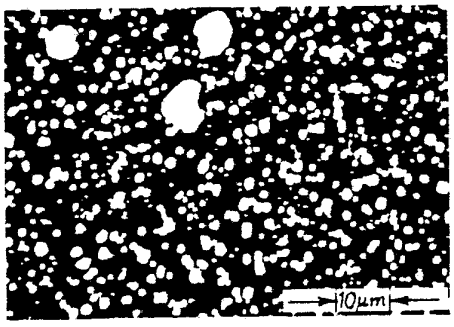

FIG. 3

7907018

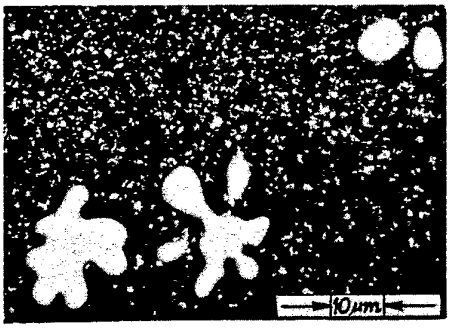

FIG. 4

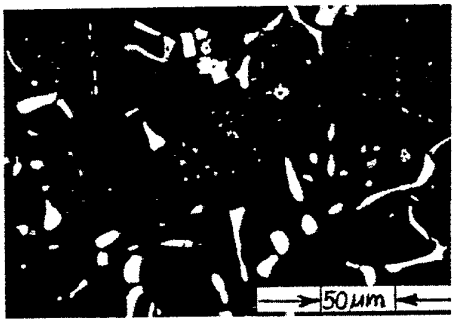

FIG. 5

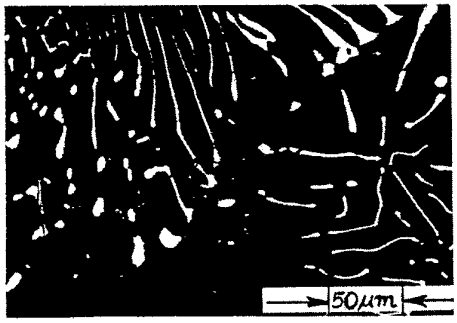

FIG. 6

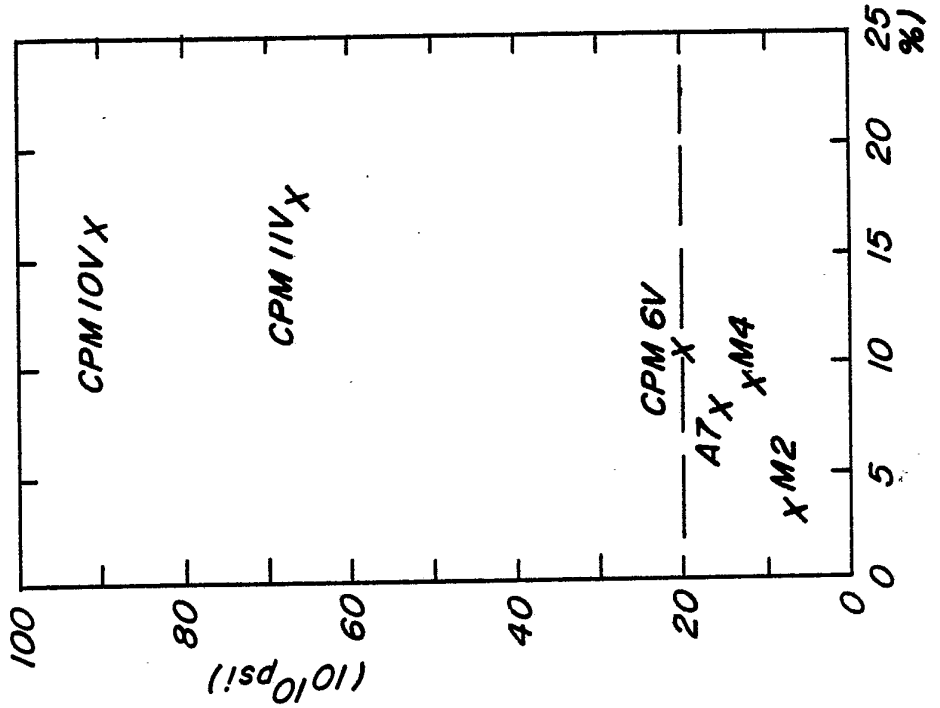
CPM 10V
CPM 11V
CPM 6V
A7
M4
M2
100
80
60
40
20
0
(10^10 psi)
0
5
10
15
20
25
%)

FIG. 8

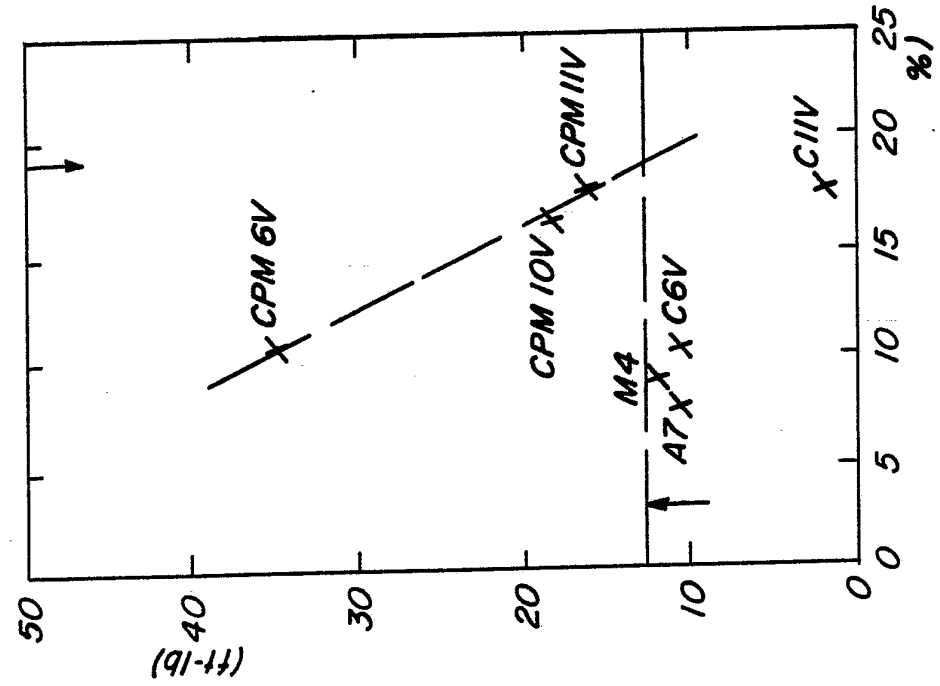
CPM 6V
CPM 10V
CPM 11V
M4
A7
C6V
C11V
50
40
30
20
10
0
(ft-lb)
0
5
10
15
20
25
%)

FIG. 7

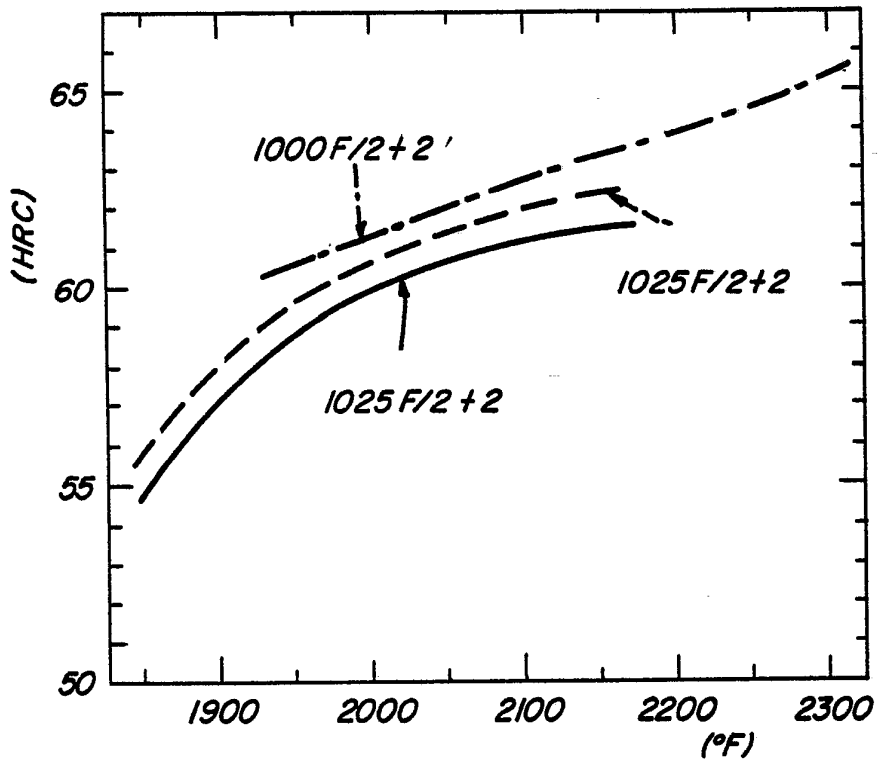
65
60
55
50
(HRC)
1000F/2+2'
1025F/2+2
1025F/2+2
1900
2000
2100
2200
2300
(°F)

FIG. 9

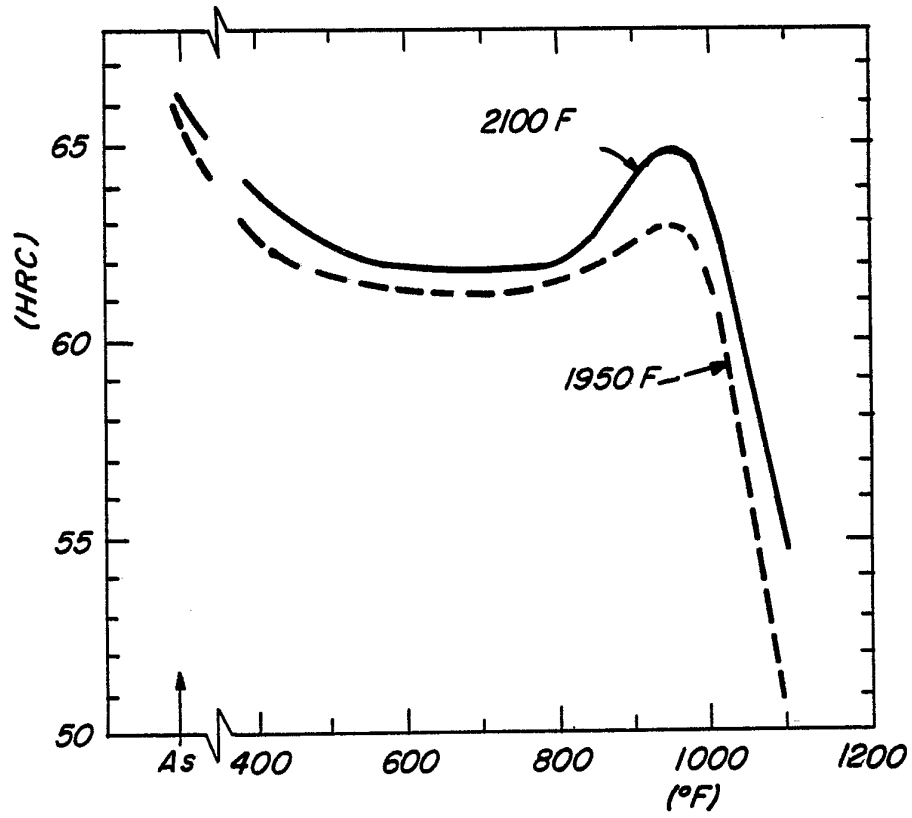
65
60
55
50
(HRC)
2100 F
1950 F
As
400
600
800
1000
1200
(°F)

FIG. 10