



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

233720

(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
B 23 K 35/22

(22) Přihlášeno 25 06 81
(21) (PV 4844-81)

(32) (31)(33) Právo přednosti od 26 06 80
(163142) Spojené státy americké

(40) Zveřejněno 17 07 84

(45) Vydáno 15 08 86

(72) Autor vynálezu BROWN HARRY JAMES, LEWISTON, NEW YORK (Sp. st. a.)

(73) Majitel patentu UNION CARBIDE CORPORATION, NEW YORK, NEW YORK (Sp. st. a.)

(54) Způsob nanášení tvrdého povlaku na povrch slitiny na bázi železa

Při způsobu nanášení tvrdého povlaku na povrch slitiny na bázi železa se na tomto povrchu vytvoří roztavená kaluž, do které se uloží pevná sloučenina. Tato sloučenina obsahuje chemicky vázaný vanad, chrom a uhlík v hmotnostních poměrech mezi 80 až 20 % VC a 20 až 80 % Cr_3C_2 . Podle výhodného provedení obsahuje pevná sloučenina dále kov zvolený ze skupiny sestávající z kobaltu, železa, niklu a molybdenu nebo jejich směsí v množství v rozsahu od stop do 15 hmotnostních procent.

Vynález se týká způsobu nanášení tvrdého povlaku na povrch slitiny na bázi železa.

Zejména se vynález týká nanášení tvrdých povlaků na podklady na bázi železa za užití materiálů obsahujících jak karbid vanadu, tak karbid chromu jako látku pro vytvoření tvrdého povlaku.

Nanášení tvrdého povlaku je velmi dobře známým postupem, který záleží v podstatě v tom, že se na podklad ze základního kovu, například na legovaný podklad na bázi železa nanáší povlak kovu, který je značně tvrdší než základní kov. Tohoto postupu se užívá v mnoha aplikacích pro zlepšení tvrdosti a odolnosti základního kovu proti opotřebení nebo otěru. Například vrstva tvořící tvrdý povlak může být tímto postupem nanesena na povrch různých strojních součástí, vystavených opotřebení, jako jsou řezací nástroje, kladiva apod., a na zuby zařízení pro přemísťování půdy a pro hloubení.

Dosud byly materiály použité pro vytváření tvrdého povlaku voleny většinou ze skupiny karbidů kovu a ze směsí karbidů kovu, například karbidu wolframu, titanu, tantalu, chromu, vanadu a zirkonu, které jsou uvedeny příkladem. Tyto materiály tvořící tvrdý povlak se ukázaly uspokojivými ve většině aplikací, kde měla být dodána kovovým podkladům zvýšená odolnost proti opotřebení a nárazu.

V posledních letech byl karbid wolframu nejužívanějším materiálem pro vytvoření tvrdého povlaku, a to v důsledku jeho znamenité tvrdosti a vlastností v ohledu opotřebení. Avšak karbid wolframu je nákladným materiálem pro vytvoření tvrdého povlaku a má určité omezení. Například v důsledku vysoké hustoty karbidu wolframu je zapotřebí poměrně velké hmotnosti tohoto materiálu, aby se dosáhlo přiměřeného opatření kovového podkladu tvrdým povrchem.

Ve snaze překonat tato omezení bylo navrženo používat směsí karbidu wolframu s jinými karbidy kovů, jako karbidem vanadu a karbidem chromu, jako materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku. Do nedávné doby byly tyto materiály pro vytvoření tvrdého povlaku připravovány tím, že se mechanicky navzájem smísily jemně rozdělené částice kovových karbidů se vhodným pojivem nebo bez něho.

V USA patentním spise č. 4 055 742 (H. J. Brown et al.) je popsán zdokonalený postup pro opatření kovového podkladu tvrdým povrchem, podle kterého se jemně rozdělený částicový materiál z chemicky vázaného vanadu a uhlíku, mající wolfram v pevném roztoku, ukládá na povrch podkladu.

Zvláštní výhodou tohoto zlepšeného postupu je okolnost, že materiál sestávající z pevného roztoku VC-WC nemá sklon migrovat do roztavené hmoty kovu, nýbrž spíše se v ní rozloží v podstatě rovnoměrně s tím výsledkem, že ztuhlý nános jeví znamenitou tvrdost a znamenité vlastnosti v ohledu odolnosti proti opotřebení.

USA patentní spis č. 4 162 392 (H. J. Brown et al.) popisuje jiný zlepšený postup pro vytvoření tvrdého povlaku na kovovém podkladu, podle kterého se užije jemně rozdělený částicový materiál chemicky vázaného vanadu, wolframu, a uhlíku v hmotnostních poměrech 0,75 VC až 0,25 WC, společně s asi 5 až 40 hmotnostních procent karbidu chromu. Karbid chromu může být v materiálu přítomen jako volný karbid nebo může být částečně nebo úplně chemicky vázán s tuhým roztokem VC-WC. Tento materiál pro vytvoření tvrdého povlaku je také schopen vytvořit povlak, který má znamenité vlastnosti v ohledu odolnosti proti opotřebení, jež jsou přinejmenším srovnatelné s vlastnostmi dosaženými použitím pouze karbidu wolframu, avšak při značně snížených nákladech v důsledku toho, že se užije poměrně velkých množství levnějších karbidů chromu.

Bylo by vysoce vítané použít i větších množství karbidu chromu v částicovém materiálu, až na tu skutečnost, že když tento materiál pro vytvoření tvrdého povrchu se nanese na ko-

vový podklad za užití běžných technik elektrického svařování, klesá odolnost výsledného nánosu proti otěru prudce se zvýšením množství karbidu chromu nad 40 hmotnostních procent částicového materiálu. Přesný důvod pro tuto náhlou změnu v odolnosti proti otěru není jasně srozumitelný, neboť se současně zjistilo, že tvrdé povleky, uložené použitím obvyklé techniky svařování plamenem za použití stejného částicového materiálu s vysokým obsahem karbidu chromu jeví znamenitou odolnost proti otěru, srovnatelnou s povleky vytvořenými použitím pouze karbidu wolframu,

Proto je důležitým účelem vynálezu udat zdokonalený způsob vytváření tvrdého povleku za použití materiálu obsahujícího karbid vanadu a chromu v pevném roztoku pro vytvoření tvrdého povrchu majícího znamenitou tvrdost a odolnost proti opotřebení.

Dalším účelem vynálezu je udat zdokonalený způsob vytváření tvrdého povleku za použití materiálu obsahujícího karbid vanadu a karbid chromu v pevném roztoku za účelem vytvoření povrchu s tvrdým povlakem obvyklými technikami svařování plamenem nebo elektrického svařování, kteréžto povrchy by měly znamenitou tvrdost a znamenitou odolnost proti opotřebení i v těch případech, kdy materiál pro nanášení tvrdého povleku obsahuje převážně karbid chromu.

Shora uvedených i dalších účelů a výhod vynálezu se dosáhne způsobem opatřování kovového povrchu, například slitiny na bázi železa, tvrdým povlakem podle vynálezu, jehož podstatu spočívá v tom, že se na tomto povrchu vytvoří roztavená kaluž, která obsahuje uvedenou slitinu na bázi železa, a do této roztavené kaluže se uloží pevná sloučenina vytvářející tvrdý povlak a obsahující chemicky vázaný vanad, chrom a uhlík v hmotnostních poměrech mezi 80 až 20 % VC a 20 až 80 % Cr_3C_2 .

Podle výhodného provedení způsobu podle vynálezu obsahuje materiál vytvářející tvrdý povlak kov zvolený ze skupiny sestávající z kobaltu, železa, niklu a molybdenu, nebo jejich směsí v množství v rozsahu od stop do 15 hmotnostních procent celkové směsi.

Podle dalšího provedení způsobu podle vynálezu je sloučenina pro vytvoření tvrdého povleku v podobě za studena lisovaného a spékaného pevného materiálu v částicovém tvaru.

Podle ještě jiného provedení způsobu podle vynálezu obsahuje sloučenina pro vytvoření tvrdého povleku převážně karbid chromu v tuhém roztoku s karbidem vanadu, přičemž vazby mezi uvedeným povrchem a sloučeninou pro vytvoření tvrdého povleku se dosáhne technikami elektrického sváření.

Způsob podle vynálezu umožňuje, aby místo použití nákladného karbidu wolframu, kterého je kromě toho zapotřebí v poměrně velkém množství, byl na povrchu slitiny na bázi železa vytvořen tvrdý povlak s použitím karbidů vanadu, chromu a uhlíku. Tento tvrdý povlak má znamenité vlastnosti, pokud jde o tvrdost a odolnost proti opotřebení, a to při značně snížených nákladech. Kromě toho nezáleží na tom, jaké techniky svařování se při vytváření tvrdého povleku použije.

Karbid vanadu, který je přítomen ve shora uvedeném materiálu pro vytvoření tvrdého povleku, je označen jako VC, kdežto ve skutečnosti je uhlík udržován na takové úrovni, že výsledný karbid je $\text{VC}_{0.89}$ nebo poněkud vyšší, aby byl vzat zřetel na určité oduhličení.

Ve shora uvedené formulaci znamená, stejně jako v následujících obdobných údajích v popisu, číslice napsaná pod řádkou procento přidruženého prvku ve sloučenině. V přítomném případě jde o defektní strukturu a uhlík nad 0,89 není vázán.

Vynález bude nyní popsán podrobněji se zvláštním zřetelem na fotomikrografy v příložených výkresech, které znázorňují analýzy elektronovým mikrosnímek pro návary připravené za použití materiálu pro vytvoření tvrdého povleku, obsahujícího karbid vanadu a chromu v pev-

nám roztočení, přičemž: obr. 1a až 1f znázorňují při 400násobném zvětšení analýzu elektrono-

vým mikrosnímek pro návar, provedený běžnými technikami elektrického sváření za použití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku obsahujícího $96(80VC_{89} 20Cr_3C_2)2Ni-2Mo$; obr. 2a až 2f znázorňují při 400násobném zvětšení analýzu elektronovým mikrosnímek pro návar, provedený podobným způsobem, avšak s materiálem vytvářejícím tvrdý povlak a obsahujícím $96(25VC_{89} 75Cr_3C_2)2Ni-2Mo$; obr. 3a až 3d představují při 800násobném zvětšení analýzu elektronovým mikrosnímek pro návar provedený podobným způsobem, avšak s materiálem pro vytvoření tvrdého povlaku, který obsahuje $75VC_{9} 25Cr_3C_2$; obr. 4a až 4d představují při 800násobném zvětšení analýzu elektronovým mikrosnímek pro návar vytvořený podobným způsobem, avšak za použití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku, obsahujícího $25VC_{9} 75Cr_3C_2$; obr. 5a až 5d představují při 800násobném zvětšení analýzu elektronovým mikrosnímek pro návar vytvořený podobným způsobem, avšak za použití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku, obsahujícího $50VC_{9} 50Cr_3C_2$; obr. 6a až 6f znázorňují při 500násobném zvětšení analýzu elektronovým mikrosnímek pro návar vytvořený obvyklými technikami sváření plamenem za použití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku obsahujícího $25(V_{75}W_{25} C+3\%Co)-75 Cr_3C_2$; obr. 7a až 7f znázorňují při 500násobném zvětšení analýzu elektronovým mikrosnímek pro návar vytvořený se stejným materiálem pro nanesení tvrdého povlaku, použitým pro přípravu návaru znázorněného v obr. 6a až 6f, avšak v tomto případě za použití obvyklých technik elektrického svařování.

Materiál pro vytvoření tvrdého povlaku, používaný při provádění vynálezu, může být připraven různými technikami dobře známými v příslušném oboru. Například lze materiál vytvářející tvrdý povlak získat vzájemným smísením jemně rozdělených částic surových materiálů, například vanadu, chromu, uhlíku, niklu a molybdenu v přiměřených stechiometrických množstvích, tato smíchaná částicová směs se lisuje za studena do tvaru malých pelet a pelety se pak rozdrtí na granulky. Granulky se spékají ve vakuu nebo v inertní atmosféře při vysokých teplotách, například kolem $1400^{\circ}C$ a po dobu dostatečnou, aby granulky se navzájem spekly nebo stavily. Jiná možnost je připravit materiál vytvářející tvrdý povlak roztavením smíchané částicové směsi v elektrické obloukové peci na vysokou teplotu a pak rozdrtit ztuhlý výrobek na tvar jemně rozděleného granulovaného materiálu pro vytváření tvrdých povlaků.

Způsob pro vytváření tvrdého povlaku podle vynálezu je použitelný se známými technikami sváření plamenem a elektrického sváření, například sváření plynovým plamenem, sváření obloukem a jinými postupy popsanými například v "Master Chart of Welding Processes" - American Welding Society (1969), za použití vhodných tevidel, jako je kyslíčnický křemičitý, mangan nebo borex.

Způsob vytváření tvrdých povlaků podle vynálezu může být také použit ve spojení se známými povlakovacími technikami nebo rozprášením plazmovým plamenem.

Zvláště výhodným provedením vynálezu jsou ty postupy vytváření tvrdého povrchu, které spočívají v tom, že se vytvoří kaluž roztavené slitiny na bázi železa, například oceli, na podkladu a že se částice, například granulky materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku, mající například rozměr asi $1,68\text{ mm}$ až $0,177\text{ mm}$ spouští do této kaluže, čímž se po ztuhnutí kaluže vytvoří usezenina tvrdého povlaku, která sestává z ocelové základní látky, ve které jsou rovnoměrně rozloženy a tam vázány částice materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku podle vynálezu. Příklady takové prexe jsou "objemové" techniky TIG (Tungen Inerg Gas - Wolfram, inertní plyn) a MIG (Metal Inert Gas - kov, inertní plyn), kde se materiál pro vytvoření tvrdého povrchu spouští do menší kovové kaluže.

Při opatřování kovových podkladů tvrdým povlakem podle vynálezu shora uvedenými běžnými technikami dochází k metalurgickému vázání kovového podkladu a naneseného materiálu pro tvrdý povlak.

Výsledný povlak tvořící tvrdý povrch je základní hmota ze železa nebo z nízkolegovaného kovu na bázi železa, ve které částice materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku podle vynálezu jsou uloženy metalurgickou vazbou.

Při uložení na vysoce legovaný podklad, jako je Hadfieldova ocel, vytvoří materiál pro vytvoření tvrdého povlaku podle vynálezu povrchový povlak, který je méně odolný proti opotřebení než v případě nízkolegovaných ocelí. Bylo však zjištěno, že odolnost proti otěru může být zlepšena mechanickým zpevněním povrchu.

Vynález bude nyní vysvětlen na několika příkladech provedení.

Příklad 1

Pro získání ze studena lisovaného spékaného materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku bylo použito následujících materiálů obsahujících 96 hmotnostních procent (80 % VC₉ 20 % Cr₃C₂), 2 % Ni a 2 % Mo;

(a) 487,1 gramů obchodně dostupného materiálu obsahujícího směs V₂C+VC, o velikosti 0,208 mm a menší s následující analýzou: 84,55 % V, 13,62 % C, 1,1 % O, zbytek vlhkost a náhodné nečistoty;

(b) 42,2 gramů grafitového prášku o velikosti 0,053 mm a menší;

(c) 13,0 gramů niklového prášku, stupeň 123;

(d) 13,0 gramů prášku kovového molybdenu 4 μm;

(e) 108,7 gramů kovového chromu o velikosti 0,208 mm a jemnější. Chrom měl následující analýzu: 99,48 % Cr a 0,52 % O.

Prášky byly umístěny do dvou-quartového kulového mlýnu se 4 550 g kuliček o průměru 12,7 mm a otáčení se provádělo při 110 ot/min po dobu 88 hodin. Po 88 hodinách mletí byl materiál vylišován do pelet v záпустce o průměru 50,8 mm při zatížení padesát tun. Pelety byly rozdrčeny na granule. Granule byly umístěny do grafitových vaniček a uloženy do vakua při teplotě 1 400 °C po dobu dvou hodin. Granule byly navzájem slabě spojeny, avšak daly se snadno oddělit v želistovém drtiči. Kromě obsahu Ni byl materiál vytvořen z chemicky vázaného vanadu, chromu, molybdenu a uhlíku. Tento materiál měl následující analýzu v hmotnostních procentech:

V = 62,21 %	Mo = 1,99 %
Cr = 16,22 %	C = 15,09 %
Fe = 1,00 %	O = 0,25 %
Ni = 2,00 %	N = 0,46 %

Za studena lisovaný a spékaný materiál, připravený, jak shora popsáno, byl použit jako materiál pro tvrdý povlak. Přídavné zrnění bylo také vyvoláno měněním množství Cr₃C₂ a následujícím zpracováním:

Pro povlaky elektricky navařované byly granule o velikosti 12 x 0,59 mm zavedeny do trubky z měkké oceli o délce 304,8 mm, vnějším průměru 6,35 mm a vnitřním průměru 4,820 mm. Granule činily přibližně 45 % hmotnostních tyče. Tyč byla tavena za účelem elektrického navaření a uložena na železném podkladu při užití proudu stejnosměrného o intenzitě 180 ampérů stejnosměrného proudu. Pro navaření plynovým plamenem byly granule o velikosti 0,50 mm x 0,177 mm podobně zavedeny do trubky z měkké oceli, opatřeny tavidlem pro tavení pro kyslíkoacetylenovým plamenem a uloženy oxycetylenovou technikou s minimálním proniknutím na podkladu z měkké oceli nauhličovacím plamenem.

Výsledné povrchy opatřené tvrdým povlakem byly zkoušeny na odolnost proti otěru za užití zkoušky na opotřebení a na otěr kaučukového kola pískováním. Zkouška na opotřebení a otěr probíhá takto:

Ocelový podklad s nízkým obsahem uhlíku s rovným povrchem a o rozměrech 26,4 mm x 76,2 mm x 12,7 mm byl opatřen tvrdým povlakem tím, že se na něj uložil materiál, vytvářející tvrdý povlak a povlečený povrch byl naplocho obroušen. Neoprenový okrouhlý kotouč o vnějším průměru 231,775 mm a o tloušťce 12,7 mm (přístroj pro měření tvrdosti podle Shorea A 50-60) byl použit tak, že povrch opatřený tvrdým povlakem byl tlačěn silou 5,244 kg proti neoprenovému kotouči. Křemenný písek byl v nadbytečném množství zaváděn mezi neoprenový kotouč a povrch opatřený tvrdým povlakem, přičemž neoprenový kotouč byl otočen 200 otáčkami při rychlosti 200 ot/min. Zkoušený vzorek byl vážen před uvedením úkonem a po něm, až při opakovaných zkouškách bylo dosaženo konstantní ztráty hmotnosti a tato ztráta hmotnosti byla použita jako míra odolnosti proti opotřebení a otěru. Výsledky získané v těchto zkouškách jsou sestaveny v tabulce I.

T a b u l k e I

svarový vzorek	složení zrna	návar	tvrdost návaru podle A. Rockwella	zkouška na otěr a opotřebení ztráta hmotnosti (g)
A	96(80VC 20Cr ₃ C ₂)2Ni2Mo	plynem	87,7	.022
B	96(80VC 20Cr ₃ C ₂)2Ni2Mo	elektricky	84,3	.030
C	96(25VC 75Cr ₃ C ₂)2Ni2Mo	plynem	84,9	.017
D	96(25VC 75Cr ₃ C ₂)2Ni2Mo	elektricky	82,9	.018

Z tabulky I je patrné, že materiál pro vytváření tvrdého povlaku podle vynálezu dává tvrdě povlečené povrchy, které mají znamenité vlastnosti v ohledu tvrdosti a odolnosti proti opotřebení. Kromě toho je patrné, že tvrdost a odolnost proti opotřebení u výsledných návarů jsou v podstatě stejné v celém rozmezí přísad karbidu chromu, tj. 20 až 80 % Cr₃C₂ při užití svařovacích technik jak s plynovým plamenem, tak i elektrických. Ve zvláštním případě svarového vzorku D připraveného za užití materiálu vytvářejícího tvrdý povlak a obsahujícího převážně karbid chromu (žádný wolfram), je odolnost proti opotřebení u návaru stejně dobrá jaké se dosáhne se stejným materiálem při užití technik svařování plynovým plamenem. Hodnoty tvrdosti všech zkoušených návarů jsou také v podstatě stejné pouze s nepatrným snížením tvrdosti u těch návarů, které byly připraveny za užití větších hmotnostních podílů karbidu chromu.

Byla také získána analýza elektronových mikrosnímků návarů tvořících tvrdý povlak a připravených ve shora uvedeném příkladu. Tato analýza sestává v zásadě ze dvou typů obrazů, tj. elektronových obrazů a obrazů paprsky X. Elektronový obraz mapuje schopnost vysílání elektronů vzorkem při buzení elektronovým paprskem a vytvořené obrazové signály se použijí pro vytvoření mikrogramů, které jsou geometricky podobné optickým mikrogramům. Avšak výhodou této analýzy podle vynálezu je, že kontrastní oblasti na mikrogramech se vztahují na změny materiálu ve vzorku.

Obraz sejmutý paprsky X dává rozložení jediného prvku znázorněného na mikrogramu. Obraz je složený z velkého počtu bodů a rozložení těchto bodů vyznačuje koncentraci určitého prvku v sejmuté oblasti.

Obr. 1a znázorňuje při 400násobném zvětšení elektronový obraz návaru vytvořeného elektrickým svařením ze použití materiálu pro nanesení tvrdého povlaku, obsahujícího 96 % (80VC₈₉ 20Cr₃C₂) 2 % Ni . 2 % Mo. Tento návar je svarový vzorek B v tabulce I. Na obr. 1b až 1f jsou znázorněny příslušné obrazy vytvořené paprsky X pro V, popřípadě Cr, popřípadě Fe, popřípadě Mo a popřípadě Ni. Z této analýzy je zřejmé, že chrom má sklon se homogenně rozptýlovat v návaru a váže se se železem pro vytvoření karbidů železe. Na druhé straně vanad nejvíce vůbec žádný sklon vázat se se železem ze základního kovu. Nikl a molybden mají oba sklon se homogenně rozptýlit skrze návar.

Obr. 2a znázorňuje ve 400násobném zvětšení elektronový obraz návaru vytvořeného elektrickým svařováním za užití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku obsahujícího 96 % ($25\text{VC}_{0.89}75\text{Cr}_3\text{C}_2$) 2 % Ni - 2 % Mo. Tento návar je svarový vzorek D v tabulce I. V obr. 2b až 2f jsou opět znázorněny příslušné obrazy vytvořené paprsky X pro V, popřípadě Cr, popř. Fe, popř. Mo, popř. Ni. Z této analýzy je však zřejmé, že větší podíl chromu se místo toho snaží vázat s vanadem v pevném roztoku za vytvoření sraženin karbidu VCr. Nikl a molybden mají sklon se rovnoměrně rozptýlit do návaru.

Je významné si všimnout toho, že zatím co tvrdost a odolnost proti opotřebení u návarů tvořících tvrdý povlak se v podstatě nemění se zvýšenými hmotnostními poměry karbidu chromu v materiálu tvořícím tvrdý povlak, zřejmě dochází k přechodu v mikrostrukturu návaru. Jak je patrné na obr. 1a až 1f pro nízké podíly Cr_3C_2 , váže se chrom se železem za vytvoření poměrně měkkých karbidů železa. Znameníatá tvrdost a odolnost proti opotřebení u těchto návarů je zřejmě vyvolána poměrně velkým množstvím karbidu vanadu, který je přítomen v návaru. Na druhé straně, jak je patrné na obr. 2a až 2f, se pro vysoké podíly Cr_3C_2 chrom nyní váže s méně bohatým vanadem v materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku za vytvoření tvrdých karbidů vanadu a chromu v pevném roztoku spíše než relativně měkkých karbidů železa. Konečný výsledek je takový, že když nastane tento přechod mikrostruktury návaru, pak sklon chromu pro tvoření VCrC zřejmě kompenzuje ochuzení karbidu vanadu v materiálu tvořícím tvrdý povlak a tvrdost a odolnost proti opotřebení u výsledných návarů zůstanou neočekávaně beze změny.

Je tak patrné, že opatření nízkolegovaných podkladů na bázi železa tvrdým povlakem může být dosaženo způsobem podle vynálezu s výsledky v podstatě stejnými při užití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku, který obsahuje převážně karbid vanadu nebo karbid chromu nebo v podstatě stejné podíly obou těchto karbidů. Z hlediska výrobních nákladů je zřejmě výhodné použít materiálu tvořícího tvrdý povlak a obsahujícího většinou Cr_3C_2 , který je levnější.

P ř í k l a d 2

Roztavený materiál pro vytvoření pevného podkladu, obsahující podle hmotnosti $75\text{VC}_{0.9}25\text{Cr}_3\text{C}_2$ byl připraven z následujících materiálů:

- (a) 27,02 gramů obchodně dostupného materiálu obsahujícího ve směsi $\text{V}_2\text{C} + \text{VC}$ o velikosti 3,36 mm a menší a mající následující analýzu: 85,90 % V, 13,01 % C, 0,068 % O;
- (b) 2,99 gramů grafitového prášku o velikosti 0,74 mm a menší;
- (c) 8,12 gramů elektrolyticky získaného kovového chromu o velikosti 0,147 mm a menší.

Prášky byly smíchány dohromady převrácením v bubnu a pak vylišovány na peletu o průměru 19,05 mm.

Peleta byla umístěna do nestravitelné obloukové tavicí pece na měděnou nístěj chlazenou vodou. Komora byla evakuována a peleta byla tavěna obloukem za použití wolframové elektrody proudem 175 A. Peleta byla pak rozdrcena na velikost jednek 1,68 mm x 0,50 mm a jednek 0,50 mm x 0,177 mm.

Roztavená zrna připravená shora uvedeným způsobem a při užití různých množství Cr_3C_2 byla použita jako materiál pro vytvoření tvrdého povlaku následujícím způsobem:

Pro návar vytvořený elektrickým svařováním byly granule o velikosti 1,68 mm x 0,50 mm zavedeny do trubky z měkké oceli o délce 304,8 mm, vnějším průměru 6,35 mm a vnitřním průměru 4,82 mm. Granule činily přibližně 45 % hmotnostních tyče. Tyč byla tavěna za účelem vytvoření návaru elektrickým svařováním a uložena na železném podkladu při použití stejno-

směrného proudu o intenzitě 180 A stejnosměrného proudu. Pro návary vytvořené svařováním plynovým plamenem byly granule o velikosti 0,50 mm x 0,177 mm podobně zavedeny do trubky z měkké oceli a taveny pro svařování kyslíko-acetylenovým plamenem a uloženy kyslíko-acetylenovou technikou s minimálním průnikem na podkladu z měkké oceli nauhličovacím plamenem.

Výsledné povrchy opatřené tvrdým povlakem byly zkoušeny na tvrdost a na odolnost proti opotřebení a otěru. Zkušební postupy byly stejné, jakých bylo užito v příkladu 1. Výsledky pokusu jsou udány v tabulce II.

T a b u l k a II

svarový vzorek	složení zrna	zdroj V	návar	tvrdost návaru podle Rockwella A	zkouška na otěr a opotřebení ztráta hmotnosti (g)
E	75VC 25Cr ₃ C ₂	(V ₂ C+VC)	plynem	82,0	.033
F	75VC 25Cr ₃ C ₂	(V ₂ C+VC)	elektricky	82,5	.015
G	50VC 50Cr ₃ C ₂	FeV	plynem	84,5	.025
H	50VC 50Cr ₃ C ₂	FeV	elektricky	82,7	.032
I	50VC 50Cr ₃ C ₂	(V ₂ C+VC)	plynem	82,8	.018
J	50VC 50Cr ₃ C ₂	(V ₂ C+VC)	elektricky	84,8	.008
K	25VC 75Cr ₃ C ₂	(V ₂ C+VC)	plynem	79,8	.014
L	25VC 75Cr ₃ C ₂	(V ₂ C+VC)	elektricky	82,6	.012

Z tabulky II je také patrné, že roztavený zrnitý materiál pro vytvoření tvrdého povlaku, připravený v tomto případě, také dává povrchy s tvrdým povlakem, jež mají znamenité vlastnosti v ohledu tvrdosti a odolnosti proti opotřebení. Tvrdost návarů a jejich odolnost proti opotřebení jsou v podstatě stejné v celém rozmezí přísad karbidu chromu, tj. 20 až 80 % Cr₃C₂, za použití jak technik svařování plynovým plamenem, tak i technik elektrického svařování. Jak může být seznáno zejména ve svarových vzorcích I-L, zdá se, že odpor návarů proti opotřebení se poněkud zlepšuje s vyššími hmotnostními poměry karbidu chromu, i když tvrdost zůstává v podstatě stejná. Hodnoty tvrdosti také vzrůstají, když se jako zdroje vanadu užije FeV.

Byla také získána analýza tvrdých návarů připravených podle příkladu 2 elektronovým mikrosnímek. Obr. 3a znázorňuje při 800násobném zvětšení elektronový obraz pro návar připravený elektrickým svařováním za použití materiálu pro tvrdý povlak 75VC₉ 25Cr₃C₂. Tento návar je svarový vzorek F v tabulce II. Obr. 3b až 3d znázorňují příslušné obrazové mikrofotografie získané paprsky X pro V, popřípadě Cr, popřípadě Fe. Z této analýzy je patrné, že chrom má sklon se rozptýlovat v podstatě rovnoměrně náwarem a vázat se se železem ze základního kovu za vytvoření poměrně měkkých karbidů železa v základní látce sváru. Vanad jeví malý sklon se vázat se železem a je přítomen téměř výlučně v podobě karbidu vanadu.

Obr. 4a znázorňuje při 800násobném zvětšení elektronový obrez svarového vzorku připraveného elektrickým svařováním za užití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku obsahujícího vyšší hmotnostní poměr karbidu chromu, tj. 25VC₉ 75Cr₃C₂. Tento návar je svarový vzorek L v tabulce II. Obr. 4b až 4d znázorňuje odpovídající obrazové mikrofotografie pořízené paprsky X pro V, popřípadě Cr, popřípadě Fe. Z této analýzy lze seznat, že u materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku, obsahujícího převážně karbid chromu, má vanad opět sklon se vázat s chromem za vytvoření tvrdého povlaku vanadu a chromu v návaru. Jak železo, tak i chrom jsou v podstatě rovnoměrně rozptýleny svarovým vzorkem jako smíšený karbid.

V obr. 5a je znázorněn při 800násobném zvětšení elektronový obraz jiného návaru připraveného elektrickým svařováním za užití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku obsahu-

jícího stejná množství jak karbidu vanadu, tak i karbidu chromu ($50\text{V}\cdot 50\text{Cr}_3\text{C}_2$). Tento návar je svarový vzorek J v tabulce II. Obr. 5b až 5d znázorňují příslušné obrazové mikrofotografy pořízené paprsky X pro V, popřípadě Cr, popřípadě Fe. Je zajímavé seznat z této analýzy, že při přibližně stejných podílech karbidu vanadu a karbidu chromu v materiálu tvořícím tvrdý povlak nastane nebo počne nastávat přechod v mikrostruktuře návaru. Chrom začíná se vázat s vanadem za vytvoření smíšeného karbidu vanadu a chromu, jak lze snadno zjistit srovnáním mikrofotů v obr. 5b a 5c. Železo ze základního kovu je opět v podstatě rovnoměrně rozptýleno swarem a váže se s chromem do tvaru smíšeného karbidu.

P ř í k l a d 3

Byla připravena řada přídavných návarů a v tomto případě bylo použito materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku obsahujícího karbid vanadu, wolframu a chromu. Materiály pro tvrdý povlak, použité v tomto příkladu, byly připraveny za použití buď 40 hmotnostních procent nebo 75 hmotnostních procent chromu, který byl zaveden jednak jako mechanická směs zrn a také chemicky vázaný s karbidy vanadu a wolframu za použití přibližně 3 % kobaltu ze účelem podpoření spékání. V obou případech byly materiály zavedeny do trubice z měkké oceli o průměru 4,073 mm, čímž vznikla svářecí tyč. Svářecí tyče byly uloženy na rovinné podklady z nízkouhličené oceli o rozměrech 26,4 mm x 88,9 mm x 12,7 mm, a to svářecími technikami buď elektrickými nebo plamenem kyslíko-acetylenovým. Tvrdost podle Rockwella a odolnost proti opotřebení otěrem u svarových vzorků byly měřeny stejným způsobem, jak bylo shora popsáno. Výsledky jsou sestaveny v další tabulce III.

T a b u l k a III.

svarový vzorek	složení prášku	typ prášku ve svarovém prostoru	návar	tvrdost sváru podle Rockwella A	zkouška na opotřebení otěrem, ztráta hmotnosti (g)
M	$40\text{Cr}_3\text{C}_2-60$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	mechanická směs	plynem	77,9	67
N	$40\text{Cr}_3\text{C}_2-60$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	mechanická směs	elektricky	80,5	36
O	$40\text{Cr}_3\text{C}_2-60$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	v zrně	plynem	77,0	21
P	$40\text{Cr}_3\text{C}_2-60$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	v zrně	elektricky	79,3	40
Q	$75\text{Cr}_3\text{C}_2-25$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	mechanická směs	plynem	82,1	21
R	$75\text{Cr}_3\text{C}_2-25$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	mechanická směs	elektricky	79,3	251
S	$75\text{Cr}_3\text{C}_2-25$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	v zrně	plynem	80,6	32
T	$75\text{Cr}_3\text{C}_2-25$ ($\text{V}\cdot 75\text{W}\cdot 25\text{C}+3\%\text{Co}$)	v zrně	elektricky	77,8	355

Ze shora uvedené tabulky III je patrné, že se dosáhne znamenitých výsledků přidáním 40 hmotnostních procent Cr_3C_2 k materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku, obsahujícímu VWC, za užití svařovacích technik jak elektrických, tak i plynovým plamenem. Bylo však zjištěno, že odolnost elektricky uložených svarů proti opotřebení se postupně zhoršuje, když se přídavek Cr_3C_2 zvýší nad asi 40 hmotnostních procent. Jak je patrné z tabulky III, jevíly elektricky navařené povlaky vytvořené s materiálem obsahujícím 75 hmotnostních procent

Cr_3C_2 přibližně 10krát větší ztrátu hmotnosti při zkoušce na opotřebení otěrem ve srovnání s navařenými povlaky zhotovenými ze stejného materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku, avšak za užití obvyklých technik svařování plamenem.

Mikrostruktura návarů zhotovených v tomto příkladu byla také analyzována kvalitativně na elektronovém mikroskopu. Obr. 6a znázorňuje při 500násobném zvětšení elektronový obraz návaru připraveného svařováním plamenem za použití materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku obsahujícího chemicky vázané VWC se 75 % Cr_3C_2 . Tento návar je svařovým vzorkem S v tabulce III. Obr. 6b až 6f znázorňují odpovídající obrazové mikrofotografie pořízené paprsky X pro Fe, popř. Cr, popř. V, popř. Co, popř. W. Z této analýzy je patrné, že opět vanad a chrom mají sklon především se vázat do tvaru smíšeného karbidu místo k vytvoření poměrně měkkých karbidů železa při vysokých hmotnostních podílech přísad karbidu chromu.

Obr. 7a znázorňuje při 500násobném zvětšení elektronový obraz návaru připraveného za použití stejného materiálu vytvářejícího tvrdý povlak a obsahujícího VWC chemicky vázaný se 75 % Cr_3C_2 , avšak nanesený v tomto případě elektrickým svařováním. Tento návar je svařovým vzorkem T v tabulce III. Jak je patrné pro odpovídající obrazové mikrofotografie pořízené paprsky X v obr. 7d až 7f pro Fe, popř. Cr, popř. V, popř. Co, popř. W, mají chrom a železo sklon se chemicky vázat pro vytvoření měkkých směsí karbidů železa vzdor přítomnosti nadměrného množství chromu v materiálu pro vytvoření tvrdého povlaku. Z mikrofotografu na obr. 5d je také zřejmé, že wolfram je v podstatě rovnoměrně rozptýlen v železné základní hmotě.

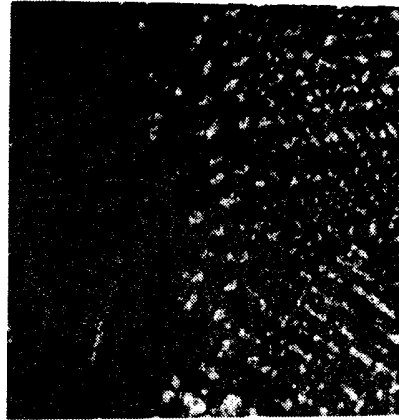
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob nanášení tvrdého povlaku na povrch slitiny na bázi železa, vyznačující se tím, že na tomto povrchu se vytvoří roztavená kaluž, která obsahuje uvedenou slitinu na bázi železa, a do této roztavené kaluže se uloží pevná sloučenina vytvářející povlak a obsahující chemicky vázaný vanad, chrom a uhlík v hmotnostních poměrech mezi 80 až 20 % VC a 20 až 80 % Cr_3C_2 .
2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že pevná sloučenina vytvářející tvrdý povlak obsahuje dále kov zvolený ze skupiny sestávající z kobaltu, železa, niklu a molybdenu, nebo jejich směsí v množství v rozsahu od stop do 15 hmotnostních procent.
3. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že sloučenina pro vytvoření tvrdého povlaku je v podobě za studena lisovaného a spékaného pevného materiálu v částicovém tvaru.
4. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že sloučenina pro vytvoření tvrdého povlaku obsahuje převážně karbid chromu v tuhém roztoku s karbidem vanadu, přičemž vazby mezi uvedeným povrchem a sloučeninou pro vytvoření tvrdého povlaku se dosáhne technikami elektrického svařování.

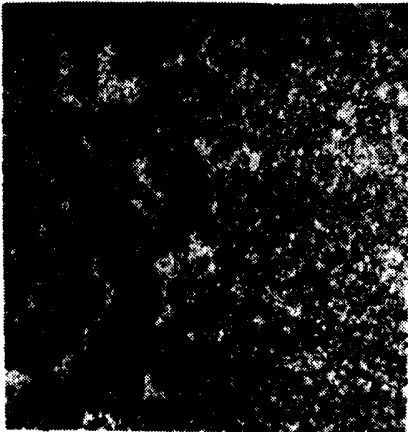
Obr. 1(a)



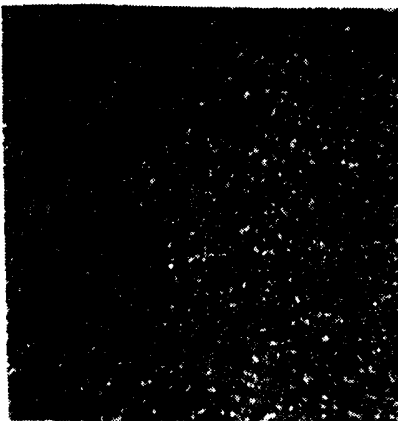
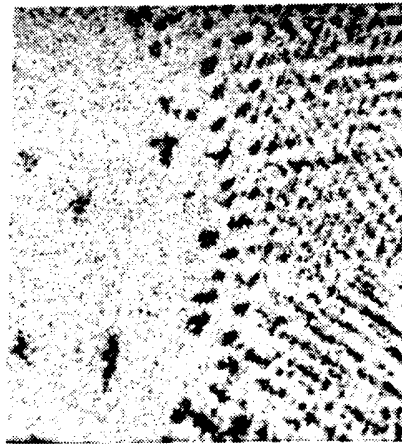
Obr. 1(b)



Obr. 1(c)

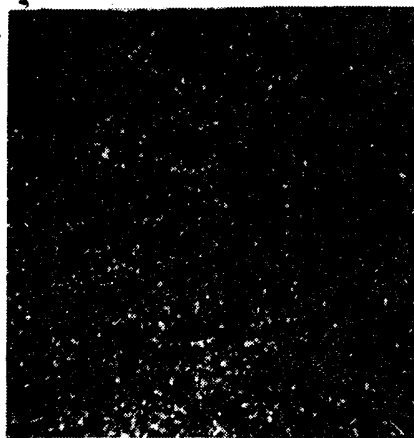


Obr. 1(d)



400X

Obr. 1(e)



Obr. 1(f)

Obr. 2(a)



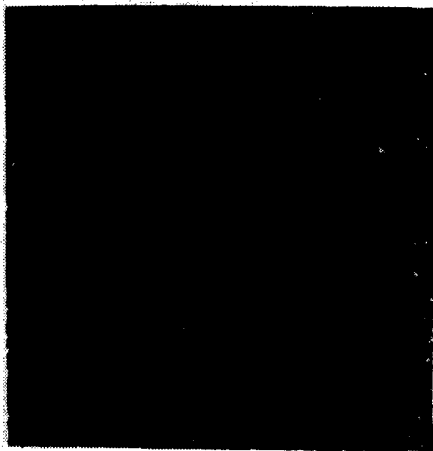
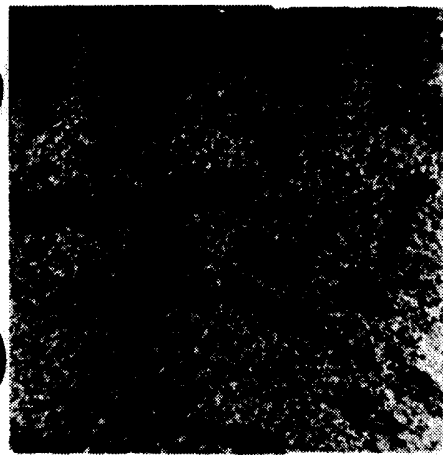
Obr. 2(b)



Obr. 2(c)



Obr. 2(d)



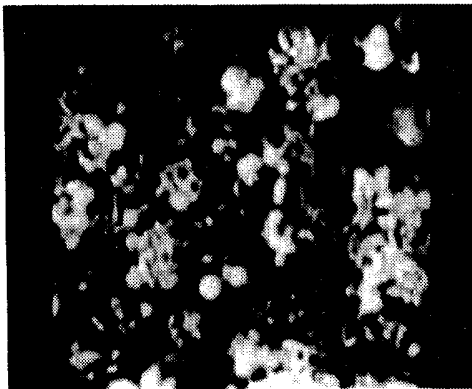
Obr. 2(e)

400X

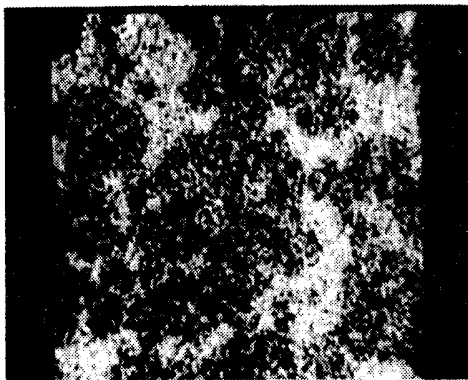


Obr. 2(f)

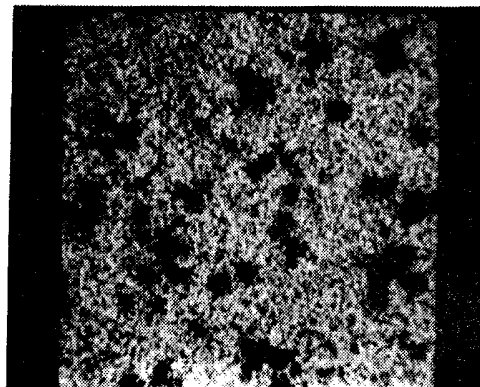
Obr. 3(a)



Obr. 3(b)



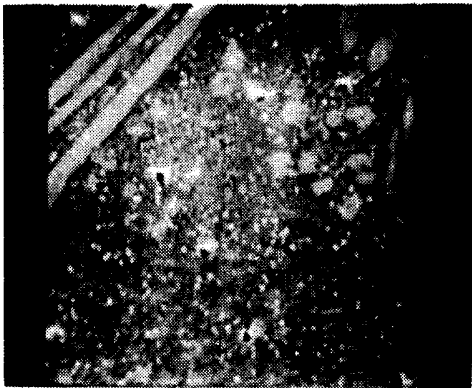
Obr. 3(c)



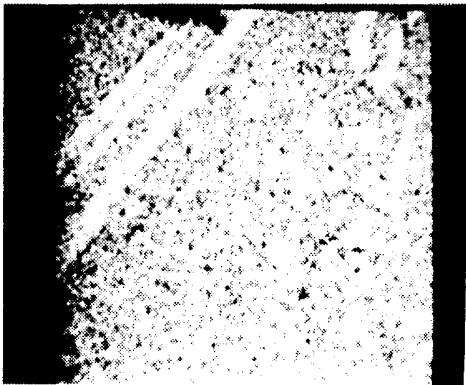
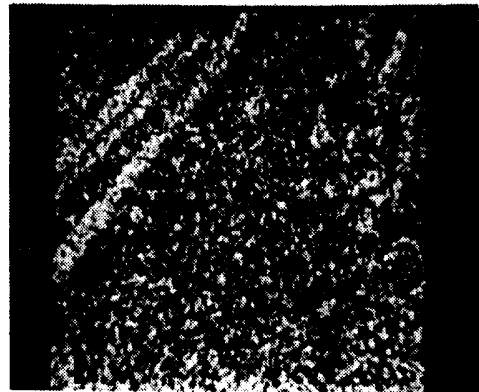
Obr. 3(d)

233720

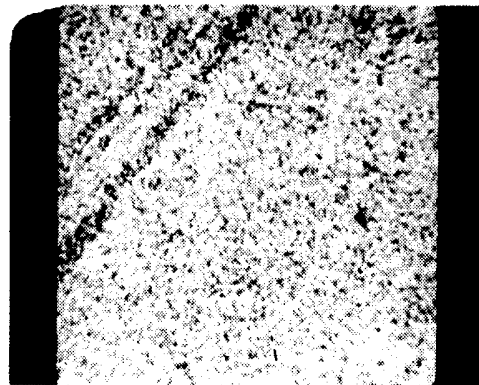
Obr. 4(a)



Obr. 4(b)

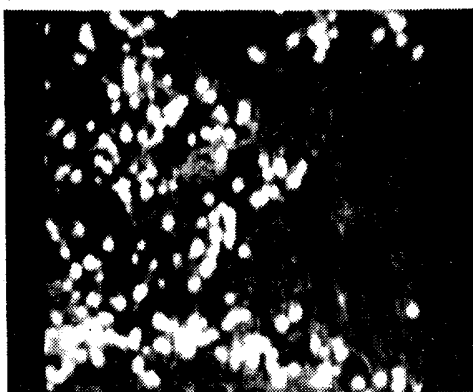


Obr. 4(c)

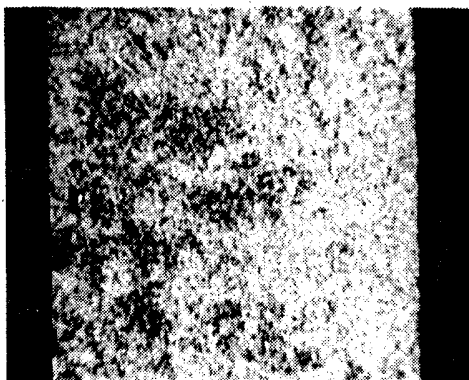
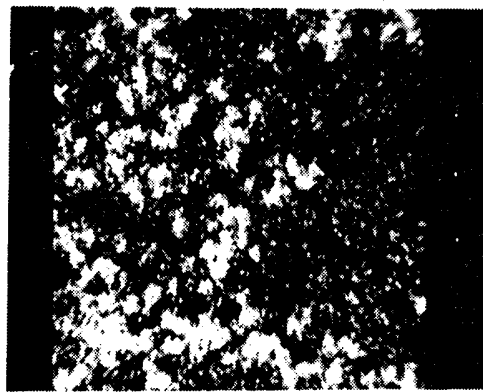


Obr. 4(d)

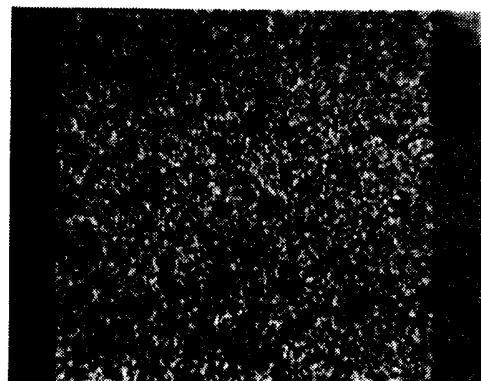
Obr. 5(a)



Obr. 5(b)

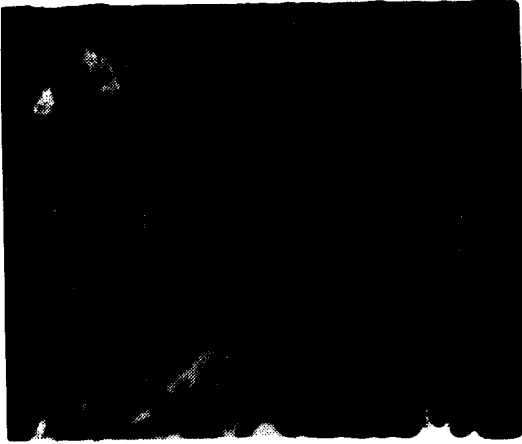


Obr. 5(c)

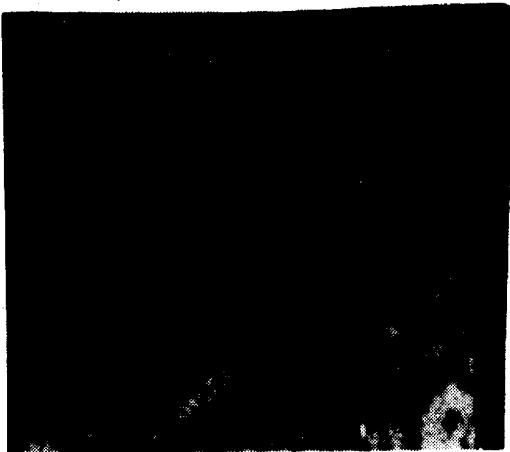


Obr. 5(d)

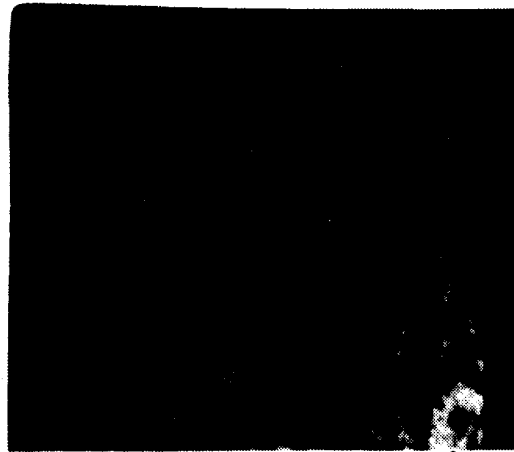
Obr. 6(a)



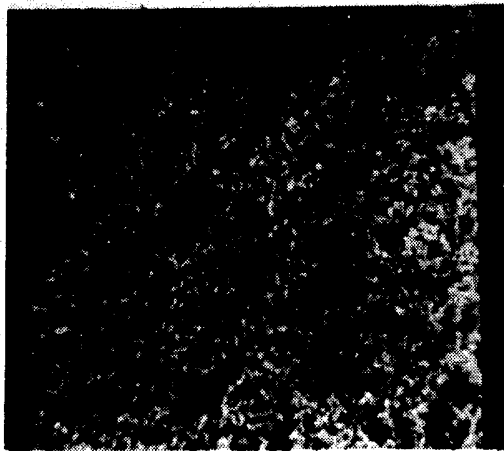
Obr. 6(b)



Obr. 6(c)



Obr. 6(d)



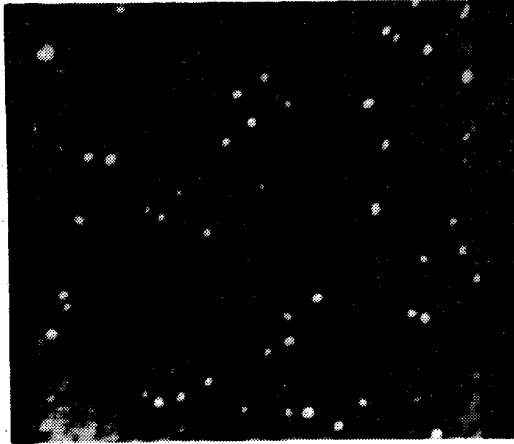
500X

Obr. 6(e)

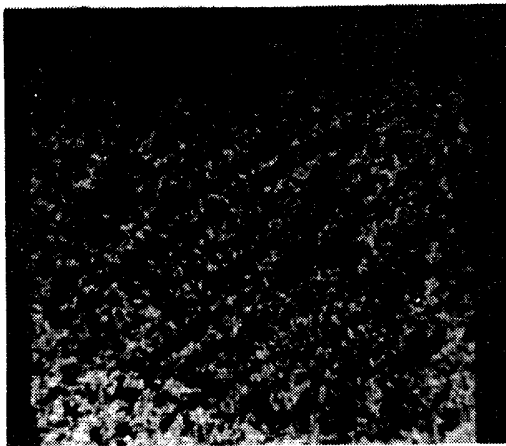


Obr. 6(f)

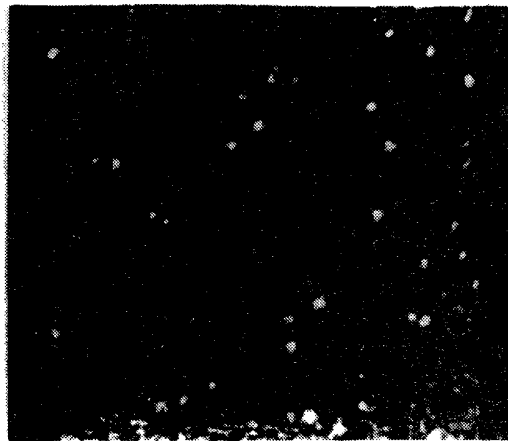
Obr. 7(a)



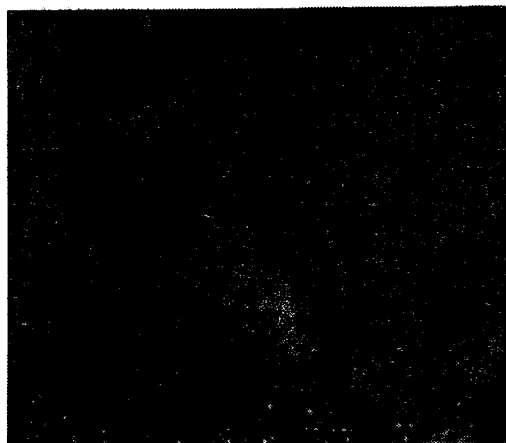
Obr. 7(b)



Obr. 7(c)

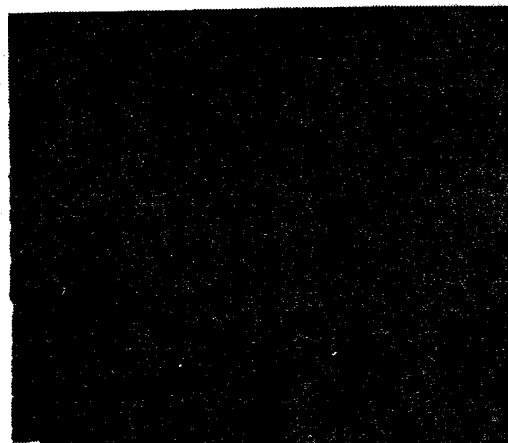


Obr. 7(d)



Obr. 7(e)

500X



Obr. 7(f)