



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

209 328

(11)

(B 1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 03 05 79
(21) PV 3053-79

(51) Int. Cl.³
B 03 C 1/02

(40) Zveřejněno 27 02 81
(45) Vydáno 30 11 81

(75)
Autor vynálezu SVOBODA JAN ing., HENCL VLADIMÍR RNDr.Dr.Sc., CIBULKA JAROSLAV ing.CSc.,
HORÁČEK MIROSLAV, PRAHA, KOLÁŘ OTTO, ČERNOŠICE

(54) Ferromagnetická tělesa pro matrice vysokogradientních magnetických rozdělovačů,
zejména na úpravu jemnozrnných slabě magnetických minerálů za mokra

Ferromagnetická tělesa pro matrice vysokogradientních magnetických rozdělovačů, zejména na úpravu jemnozrnných slabě magnetických minerálů za mokra. Ke zhotovení těchto těles se použije ocelí s relativní objemovou magnetickou susceptibilitou v rozmezí $\chi_{REL} = 1$ až $0,5 \times 10^{-3}$ a s remanentní magnetizací B_R do 70 mT, vztaženo na referenční materiál s hodnotou $\chi_{REL} = 1$, např. ocel s 0,06 až 0,13 % hmot. uhlíku a s obsahem vedlejších prvků 0,6 % hmot. manganu, 0,35 % hmot. křemíku, 0,04 % hmot. fosforu a 0,04 % hmot. síry. Současně je povrch těchto těles opatřen povlakem, např. z plastické hmoty, případně ze smaltu. Rozptylové magnetické pole se u matric z těchto těles projevuje jen velmi nepatrně, případně vůbec ne.

Vynález se týká ferromagnetických těles, např. ve tvaru koulí, pro matrice vysokogradientních magnetických rozdružovačů, zejména na úpravu jemnozrnných slabě magnetických minerálů za mokra.

Vložíme-li mezi dva póly silného elektromagnetu ferromagnetickou výplň, tak zvanou matrici, kterou mohou tvořit tělesa různých tvarů, jako např. koule, kostky, tyče, pletivo a podobně, indukuje se na povrchu těchto těles silné magnetické pole. Zejména na jejich styčných plochách vzniká vysoký gradient magnetického pole, vytvářející spolu s intenzitou tohoto magnetického pole magnetickou sílu, která přitahuje magnetické částice k povrchu zmíněných těles a tím je rozdružuje od nemagnetických.

Tělesa matric se až dosud zhotovují z ferromagnetických materiálů, např. z měkkého železa nebo z ferromagnetické nerezavějící oceli, tedy z materiálů, které mají vysokou hodnotu sytné magnetizace B_S , ale současně i vysokou hodnotu remanentní magnetizace B_R . Nevýhodou takovýchto matric je, že dochází k jejich snadnému zanášení, např. železným otěrem, který vzniká při mletí minerálů, opotřebením vyložení mlýnů a mlecí náplně a jinými ferromagnetickými přímíšeninami, jako je např. magnetit. Ferromagnetické přímíšeniny se snadno zachytí na tělesech matric, v silném magnetickém poli se zmagnetují a při výstupu z rozdružovací zóny zůstávají přichyceny na povrchu těchto těles jednak pro vysokou remanentní magnetizaci a jednak pro přítomnost rozptylového pole vně rozdružovací zóny magnetického rozdružovače. Tak např. pro zachycení železného otěru na tělesech matrice ve formě koulí o průměru 10 mm postačuje magnetické pole o indukci pouhých 1,2 mT, zatímco indukce rozptylových magnetických polí v rozdružovačích obvyklých konstrukcí se pohybuje od 25 mT do 50 mT. Při průchodu magnetickým polem se tělesa matrice zmagnetují na hodnotu B_S a při výstupu z magnetického pole se materiál demagnetuje na hodnotu remanentní magnetizace B_R . U běžně používaných materiálů pro tělesa matric se tyto hodnoty pohybují od 70 do 120 mT. Aby se zabránilo rychlému zanášení těles matric vysokogradientních rozdružovačů je nutno promývací ústrojí umísťovat daleko od magnetické zóny, dále je nutno používat tlakové promývací vody a přes všechna tato opatření je třeba tělesa matric velmi nákladným způsobem periodicky čistit, většinou rozebráním a mechanickým vyčištěním, nebo výměnou celé náplně matrice. Tak např. u diskového vysokointenzitního magnetického rozdružovače s průměrem rotoru 3.100 mm, šíře podání 500 mm, o výkonu 25 th^{-1} , opatřeného tělesy matrice v podobě tyčí o průměru 10 mm a celkové hmotnosti 1.100 kg, vyžaduje čištění matrice celkem 500 hodin a tomu odpovídající výpadek výroby. Pokud nejsou tělesa matrice zhotovena z nerezavějícího materiálu, dochází navíc k její korozi. Při odstavení provozu nastává i velmi rychlá koroze železného otěru, který vytváří spolu s povrchem těles matrice velmi těžko i mechanicky odstranitelnou usazeninu. Již při částečném ucpání matrice se zhoršují technologické výsledky a při úplném ucpání je pak znemožněn celý proces rozdružování vůbec.

Výše uvedené nedostatky u ferromagnetických těles, např. ve tvaru koulí, pro matrice vysokogradientních magnetických rozdružovačů, zejména na úpravu jemnozrnných slabě magnetických minerálů za mokra se odstraňují podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se ke zhotovení těchto těles použije ocelí s relativní objemovou magnetickou susceptibili-

tou v rozmezí $\mathcal{H}_{REL} = 1$ až $0,5 \cdot 10^{-3}$ a s remanentní magnetizací B_R do 70 mT, vztaženo na referenční materiál s hodnotou $\mathcal{H}_{REL} = 1$, např. na ocel s 0,06 až 0,13 % hmot. uhlíku a s obsahem vedlejších prvků 0,6 % hmot. manganu, 0,35 % hmot. křemíku, 0,04 % hmot. fosforu a 0,04 % hmot. síry. Rovněž podle vynálezu může být povrch těchto těles opatřen povlakem, např. z plastické hmoty, případně ze smaltu.

Pokusy bylo zjištěno, že při použití speciálních ocelí pro výrobu těles matic s nižší magnetickou susceptibilitou $\mathcal{H}$ a remanentní magnetizací B_R ve srovnání s dosud běžně užívanými materiály, dochází k zachycování ferromagnetických příměsí až při vyšší indukci magnetického pole v pracovní zóně rozdružovače a přitažlivá magnetická síla vně magnetického pole je také nižší. Rovněž bylo zjištěno, že speciální ocel, z níž jsou tělesa matrice zhotovena, může být současně pokryta nanesením povlaku z nemagnetického materiálu, jako např. plastickou hmotou nebo smaltem, který jednak zabráňuje korozi a snižuje opotřebení a jednak znemožňuje bezprostřední styk ferromagnetických příměsí s materiálem matrice. V závislosti na tloušťce naneseného povlaku se rovněž snižuje přitažlivá magnetická síla. To vše vede k tomu, že se celkově sníží "citlivost" matic pro zachycování ferromagnetických příměsí.

Použitím speciálních ocelí podle vynálezu ke zhotovení těles matic se u magnetických rozdružovačů podstatně sníží zachycování ferromagnetických příměsí a tedy i potřeba periodického čištění celé matrice. Současným nanášením povlaků na povrch těles matic se rovněž sníží množství otěru a to řádově 10krát oproti dosavadnímu stavu, neboť přitažlivá magnetická síla je ještě menší. Rozptylové magnetické pole, které u běžných matic působí na zachycování ferromagnetických příměsí již při velmi malých hodnotách B_R , se tudíž u matic sestavených z těles podle vynálezu projevuje jen velmi nepatrně, nebo vůbec ne.

Jak již bylo zmíněno, jsou podle vynálezu pro zhotovení ferromagnetických těles matic vysokogradientních magnetických rozdružovačů použitelné speciální oceli, které lze charakterizovat hodnotami relativní objemové magnetické susceptibility $\mathcal{H}_{REL} = 1$ až $0,5 \cdot 10^{-3}$ a s remanentní magnetizací B_R do 70 mT, když jako referenční materiál s hodnotou $\mathcal{H}_{REL} = 1$ vezmeme např. konstrukční ocel výše uvedeného složení.

Jako příklad speciálních ocelí použitelných podle vynálezu lze uvést žáruvzdorné ocele A, B, C, D, E a F, jejichž chemické složení je uvedeno v tab. I.

Tabulka 1

uhlík C %	mangan Mn %	křemík Si %	fosfor P %	síra S %	chrom Cr %	nikl Ni %	ostatní prvky %
A max 0.20	max 1.00	max 1.30	max 0.045	max 0.040	23.0- 27.0	max 2.0	hliník Al=0.6 až 1.2
B max 0.15	max 0.80	1.0- 2.0	max 0.040	max 0.035	12.0 14.5		
C max 0.10	max 2.0	max 1.0	max 0.045	max 0.030	17.0- 19.0	9.0- 12.0	titan Ti=min 5ti násobek množ. uhlíku
D max 0.12	max 2.0	max 1.5	max 0.045	max 0.030	16.0- 19.0	9.0- 12.0	molybden Mo=1.5 až 2.5 Ti=min 5ti násobek množ. uhlíku
E max 0.08					17	12	Mo=2.5
F max 0.08	max 2.0	max 1.0	max 0.045	max 0.030	17.0- 19.0	9.0- 12.0	Ti=min 5ti násobek množ. uhlíku

Hodnoty relativní magnetické susceptibility $\mathcal{H}_{REL}$, remanentní magnetizace B_R a sytné magnetizace B_S a koerzivní síly H_C těchto materiálů, získané v magnetickém poli $H = 280 \frac{kA}{m}$ jsou uvedeny v tab. 2.

Tabulka 2

ocel	$\mathcal{H}_{REL}$	B_R (mT)	B_S (T)	H_C (koerzivní síla) (kA m ⁻¹)
B	1	55	1.62	1.4
A	0.95	35	0.79	1.4
C	0.14	25	0.29	5.7
D	0.07	83	0.05	8.1
E	0.006	-	-	
F	$0.6 \cdot 10^{-3}$	-	-	

V tabulce 3 jsou pro srovnání uvedeny hodnoty magnetických veličin ocelí pro tělesa matric, kterých se používá v některých soudobých magnetických rozduřovačích. Jejich složení je uvedeno v tabulce 4.

Tabulka 3

ocel	$\mathcal{H}_{REL}$	B_R (mT)	B_S (T)	H_C (kA m ⁻¹)
G	1	70	1.0	0.7
H	1.3	120	1.3	2.2
I		80	1.8	2.2
J		80	1.4	2.3
SALA ⁺	2	540 II 3.6 I	1.5 II 0.08 I	1.2 II 5.7 I

Tabulka 4

uhlík C %	mangan Mn %	křemík Si %	fosfor P %	síra S %	chrom Cr %	nikl Ni %	ostatní prvky %
G 0.07- 0.14	0.55- 0.65	0.17- 0.37	max 0.040	max 0.040	max 0.15	max 0.30	měď Cu . max 0.30
H 0.26- 0.35	max 0.90	max 0.70	max 0.040	max 0.035	max 14.0		
I max 0.15	max 0.90	max 0.70	max 0.040	max 0.035	12.0 až 14.0		
J 0.16- 0.25	max 0.90	max 0.70	max 0.040	max 0.035	12.0 až 14.0		

Matrice ve švédských separátorech SALA pozůstává z neorientované nerezové vlny a vláknem z této vlny bylo při proměřování orientováno buď kolmo (I) nebo rovnoměrně (II) s vektorem magnetického pole. Všechny hodnoty byly získány při $H = 280 \frac{kA}{m}$.

Z porovnání údajů v tabulce 1. a 2. je zjevné, že tělesa matric z některých korozivzdorných ocelí s hodnotami podle vynálezu mají při srovnatelných hodnotách magnetické susceptibility $\mathcal{H}_{REL}$ výrazně nižší hodnoty B_R , což vede, jak prokázaly praktické zkoušky, ke snadnějšímu oddělení zachycených ferromagnetických příměsí. Při nižších hodnotách $\mathcal{H}_{REL}$ a současně nižších hodnotách B_R je pak matrice vůči příměsím prakticky zcela intaktní. Orientační zkoušky magnetické separace sideritové slabě magnetické rudy, provedené s tělesy matrice ve tvaru tyčí o průměru 10 mm s distancemi 2,5 mm a koeficientu plnění 50 %, vyrobenými ze speciálních žáruvzdorných ocelí podle vynálezu ukázaly, že výsledky separace, tj. výtěžnosti a kvalita koncentrátů jsou pro oceli typu A, B identické s výsledky získanými s toutž matricí z oceli G. Použitá indukce magnetického pole ve vzduchové mezeře byla ve všech případech 0,68 T. Při použití těles matrice z materiálu C jsou ukazatele kvality koncentráту totožné jako u materiálů B a A. Při stejné indukci magnetického pole je však nižší výtěžnost. Stejně výtěžnosti lze dosáhnout s touto matricí při indukci magnetického pole 1,1 T.

Z provedených měření a zkoušek, uvedených v předchozím jako příklad vyplývá, že speciální oceli podle vynálezu mohou být použity pro různé konfigurace a geometrii ferromagnetických těles pro matrice vysokogradientních magnetických rozdělovačů při libovolném koeficientu vyplnění, to je například tělesa ve tvaru koulí, rýhovaných desek, tyčí, kostek, pletiva, vláken a podobně. Vhodný materiál pro tělesa se volí podle koeficientu vyplnění, indukce magnetického pole a požadovaného gradientu magnetického pole.

Dosahované účinky těles matrice zhotovené ze speciálních ocelí lze s výhodou kombinovat s nanášením povlaků z plastických hmot nebo smaltu na povrch těles matrice, při použití běžně známých technik nanášení těchto materiálů na kovový očištěný povrch. Jako příklad takovéto modifikace lze uvést posmaltování povrchu těles matrice ve tvaru tyčí, tvořících rošty, které bylo s úspěchem použito u zmíněného diskového vysokointenzitního magnetického rozdělovače o výkonu $25 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Ve srovnání s dříve použitými tělesy matrice zhotovenými z oceli G bylo na posmaltovaných tělesech matrice s vrstvou smaltu o síle 250 μm sníženo

množství zachyceného otěru řádově 10krát, při jinak nezměněných technologických ukazatelích.

V tabulce 5 jsou uvedeny jako příklad některé porovnávací údaje o zachycování ferromagnetických příměsí vznikajících při rozpojování sideritové rudy. Výsledky uvedené v tabulce byly získány při použití těles matric z tyčí o průměru 10 mm s distancemi 2,5 mm, s různými typy ocelí bez i s povlakem z plastické hmoty při indukci magnetického pole 0,68 T. Zachycené množství ferromagnetických přímíšenin je vyjádřeno jako množství zachycení na jednotce plochy bez promývání matric.

Tabulka 5

matrice (ocel)	zachycené množství přímíšenin v g.m^{-2}
Ni	760
I	320
G	230
B	120
A	90
A(1) ⁺	10
A(2) ⁺	5
C	0

+ (1) a (2) značí nanesenou vrstvu plastické hmoty o síle 0,135 mm a 0,270 mm.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Ferromagnetická tělesa pro matrice vysokogradientních magnetických rozdružovačů, zejména na úpravu jemnozrnných slabě magnetických minerálů za mokra, vyznačená tím, že se ke zhotovení těchto těles použije ocelí s relativní objemovou magnetickou susceptibilitou v rozmezí $\mathcal{H}_{\text{REL}} = 1$ až $0,5 \cdot 10^{-3}$ a s remanentní magnetizací B_R do 70 mT, vztaženo na referenční materiál s hodnotou $\mathcal{H}_{\text{REL}} = 1$, např. na ocel s 0,06 až 0,13 % hmot. uhlíku a s obsahem vedlejších prvků 0,6 % hmot. manganu, 0,35 % hmot. křemíku, 0,04 % hmot. fosforu a 0,04 % hmot. síry.
2. Ferromagnetická tělesa podle bodu 1, vyznačená tím, že povrch těchto těles je opatřen povlakem, z plastické hmoty, případně ze smaltu.