



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

203916
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
C 22 C 38/02

[22] Přihlášeno 18 06 74
[21] (PV 4298-74)
[32] [31] [33] Právo přednosti 19 06 73
(P 23 31 100.4)
Německá spolková republika
[40] Zveřejněno 30 05 80
[45] Vydáno 15 11 83

(72)
Autor vynálezu BÄUMEL ANTON dr., MEERBUSCH (NSR)

(73)
Majitel patentu WEREINIGTE EDELSTAHLWERKE AKTIENGESELLSCHAFT (VEW)
VIDEŇ (Rakousko)

(54) Austenitické železochromniklové slitiny s vysokým obsahem
křemíku určené pro namáhání při teplotách nad 800 °C

1

Vynález se týká použití austenitických železochromniklových slitin s vysokým obsahem křemíku, jichž se ve velkém rozsahu používá ve formě válcovaných a kovaných ocelí a ve formě oceloslitiny při vysokých teplotách, například v průmyslových pecích.

Ocelové konstrukční součásti, jichž je používáno v takových pecích, jsou vystavovány atmosférám vzduchového spalování, jež vznikají spalováním různých topných plynů se spalovacím vzduchem. Potřebné teploty v pecích mohou být velmi vysoké; při tepelném zpracovávání železných a ocelových slitin může být používáno teplot až do 1350 °C. Ocelové konstrukční součásti pro takové pece, jako například krycí plechy, krosny, kola pro pojezd, ochranné trubky pro termoelektrické články a podobně, musí být tedy odolné proti žáru, to znamená, že při tak vysokých teplotách musí být odolné především proti okysličování.

Touto dobou používané žáruvzdorné oceli pro provozní teploty nad asi 800 °C mohou být austenitické chromniklové oceli

2

se zvýšenými obsahy křemíku, přičemž křemík má podporovat účinek chromu. Oba regulující prvky, tedy jak chrom, tak i křemík, mají však tu nevýhodu, že jejich nadměrně vysoké obsahy vedou ke zkřehnutí, jimž tedy musí být zabráněno. Z těchto důvodů jsou obsahy chromu omezovány směrem nahoru na asi 25 % hmot. a obsahy křemíku na asi 2,5 % hmot.

Austenitické chromniklové slitiny s vyššími obsahy křemíku, například asi 4 % hmot. nabývaly doposud významu pouze jako materiály odolné proti kyselinám.

Novější, podrobná zkoumání takových materiálů s obsahy křemíku až 6 % hmot. se zřetelem na odolnost proti okysličování a se zřetelem na chování při zkřehnutí přinesla však překvapující výsledky. Současně byl pozorován vliv legovacích opatření na odolnost proti vysokým teplotám, jež je při namáhání za vysokých teplot přirozeně zajímavá.

Prováděná zkoumání se vztahovala na dále uváděné materiálové skupiny, přičemž uváděná procenta jsou hmotnostní.

1.

0,01 — 0,40 % C
 0,20 — 6,00 % Si
 max. 2,00 % Mn
 18,00 % Cr
 15,00 % Ni
 0,03 — 0,30 % N
 0,00 — 3,00 % Nb

2.

0,01 — 0,40 % C
 0,20 — 6,00 % Si
 max. 2,00 % Mn
 20,00 % Cr
 20,00 % Ni
 0,03 — 0,30 % N
 0,00 — 3,00 % Nb

3.

0,01 — 0,40 % C
 0,20 — 6,00 % Si
 max. 2,00 % Mn
 22,00 % Cr
 25,00 % Ni
 0,03 — 0,30 % N
 0,00 — 3,00 % Nb

Podle toho byly základem pro zkoumání tří různé obsahy chrómu a niklu, přičemž uváděná procenta jsou hmotnostní a to 18 procent chrómu a 15 % niklu, 20 % chrómu a 20 % niklu, 22 % chrómu a 25 % niklu. V rámci těchto tří materiálových skupin byly obměňovány uvnitř udaných mezí obsahy uhlíku, dusíku a niobu se zřetelem na mez průtažnosti za tepla, resp. na odolnost proti vysokým teplotám, a obsahy křemíku především se zřetelem na odolnost proti oksylichování. Výsledky těchto zkoumání mohou být shrnuty takto:

1. Při jinak konstantním rozboru stoupá známým způsobem se zvětšováním obsahu uhlíku, dusíku a niobu mez průtažnosti za tepla a odolnost proti vysokým teplotám, jež se však zvyšují také zvětšováním obsahu křemíku.

2. Při jinak konstantním rozboru nemají uhlík, dusík a niob v rámci zkoumaných ob-

lastí koncentrace znatelný vliv na odolnost proti oksylichování, jež však může být zvyšována obsahy křemíku nad 2,5 % hmot., zejména od 3,0 % hmot. mžikově.

3. Proti dosavadním obavám se zkřehnutí za vysokých teplot zhoršuje zvyšováním obsahu křemíku slaběji než zvyšováním obsahu chrómu, tak asi ve stejné míře, pokud je základní složení austenitické.

K zjednáání představy o mžikovém zlepšování odolnosti proti oksylichování vysokými obsahy křemíku jsou zde sestaveny jako příklad výsledky pokusů, jež byly získány se sedmi pokusnými oceli ze skupiny s obsahem asi 18 % hmot. chrómu a 15 % hmot. niklu na kruhových vzorcích o průměru 8 mm. Zjišťována byla přitom v závislosti na obsahu křemíku ztráta na váze v g/m² při zkušebních teplotách 1050, 1100 a 1150 °C. Výsledky byly jednotlivě tyto:

Ocel č.	Si % hmot.	Ztráta na váze v g/m ² při teplotách		
		1050 °C	1100 °C	1150 °C
1	0,20	15,0	25,0	40,0
2	1,20	12,0	18,0	27,0
3	2,30	8,0	13,0	19,0
4	3,10	2,0	3,5	5,0
5	3,80	0,9	1,5	2,0
6	4,60	0,5	0,7	1,0
7	5,60	0,3	0,5	0,7

Při všech zkušebních teplotách se podle toho ukazuje, že při zvyšování obsahu křemíku z 2,3 na 3,1 % hmot., ztráta na váze mžikově klesá a tím tedy se mžikově zvyšuje odolnost proti oksylichování.

Stejnorodých výsledků mohlo být dosaženo také u ocelí z materiálových skupin s obsahem podle hmotnosti 20 % chrómu a

20 % niklu, resp. 22 % chrómu a 25 % niklu, přičemž přirozeně ztráty na váze, především u slitin s obsahem 22 % chrómu, byla patřičně menší.

Přesná sestavení pokusných ocelí č. 1 až 7 jsou udána v následující tabulce; kde uváděná procenta jsou hmotnostní.

Ocel č.	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	N %	Nb %
1	0,029	0,20	0,58	18,5	15,4	0,038	0,06
2	0,035	1,20	0,75	18,3	15,1	0,041	0,03
3	0,028	2,30	0,70	18,0	15,2	0,045	0,04
4	0,032	3,10	0,64	17,7	14,9	0,035	0,03
5	0,028	3,80	0,64	18,1	14,5	0,037	0,04
6	0,027	4,60	0,78	18,3	14,5	0,040	0,05
7	0,030	5,60	0,81	17,9	14,9	0,038	0,06

Výše uvedené nedostatky odstraňuje použití austenitických železochromniklových slitin s vysokým obsahem křemíku ve složení 0,01 až 0,40 % uhlíku, nad 2,5 až 6,0 % křemíku, max. 2,0 % manganu, 15,0 až 22,0 % chromu, 12,0 až 25,0 % niklu, max. 0,3 % dusíku, max. 3,0 % niobu, zbytku železa a nevyhnutelných nečistot, jež jsou opatřovány k výrobě strojových a konstrukčních součástí pro používání v teplotním rozsahu nad 800 °C, zejména nad 850 °C v atmosférách vzduchového spalování.

Objev nové vlastnosti austenitických železochromniklových slitin záleží v tom, že bylo zjištěno, že tyto slitiny jsou zvláště odolné ve spalovacích při teplotách nad 800 °C.

Srovnávací zkoumání na obou normovaných žáruvzdorných ocelích X 15 CrNiSi 25 20 s obsahem 0,14 % uhlíku, 2,1 % křemíku, 1,08 % manganu, 25,3 % chromu a 20,6 % niklu, jakož i X 12 NiCrSi 36 16 s obsahem 0,12 % uhlíku, 1,95 % křemíku, 1,36 % manganu, 16,3 % chromu a 35,2 % niklu, přičemž uváděná procenta jsou hmotnostní ukázala, že odolnost proti oksidaci těchto vysoce legovaných ocelí asi tak stejně dobrá jako u ocelí č. 5, 6 a 7 s obsahem více jak 3,8 % hmot. křemíku podle tohoto vynálezu.

Při volbě složení slitin pro účel podle tohoto vynálezu je podstatné sladovat legující prvky vzájemně tak, aby zůstávalo zachováno austenitické složení. Jestliže slitiny obsahují ferrit, je sklon ke zkřehnutí tak veliký, že jsou pro mnohé účely v praxi neupotřebitelné.

U formovaných odlitků je k zabraňování trhlin za tepla výhodné připouštět podíl deltaferritu — max. 10 %. Při těchto podílech neprojevuje se ještě nevyhnutelná přeměna ferritu v křehkou sigmafázi škodlivé na chování odlitků při používání.

Také při zcela austenitickém složení doporučených ocelí a slitin je však třeba při stoupajícím obsahu křemíku počítat se zvětšováním sklonu ke zkřehnutí. Dlouhodobá zpracování předem obroběných zkušebních tyčí s vrubem ze zkoumaných ocelí ukázala, že oblast zkřehnutí se jeví při 750 °C, jež se rozprostírá až asi do teploty 850 °C. Nad touto teplotou již ke zkřehnutí nedochází.

Poněvadž oblast nasazení pro oceli vysoce odolné proti oksidaci s vysokými obsahy křemíku se nalézá v první řadě v rozmezí vysokých teplot, sotva omezuje možnosti nasazení těchto ocelí rozsah zkřehnutí ohrani-

čený směrem nahoru teplotou 850 °C. Poněvadž zkřehnutí při teplotě 750 °C nastává teprve po několika stovkách hodin výdrže, nehrozí zde nebezpečí zkřehnutí při krajně pomalém ohřívání na teplotu používání nebo při krajně pomalém ochlazování z této teploty.

Ve srovnání s tím má známá a již zmíněná žáruvzdorná ocel 15 CrNiSi 25 20, jež tedy obsahuje vedle asi 25 % hmot. chromu a 20 % hmot. niklu ještě také 2 % hmot. křemíku, rozsah zkřehnutí, jež se rozprostírá až asi do 1000 °C.

Zejména činí obsah uhlíku u slitin doporučených podle tohoto vynálezu maximálně 0,25 % hmot. Vyšší obsahy uhlíku bývají mnohdy zajímavé u formovaných odlitků. Aby se nyní na jedné straně dosahovalo účinné odolnosti proti oksidaci a na druhé straně se co možná zužovala oblast zkřehnutí, jeví se přednostní obsah křemíku u slitin doporučených podle tohoto vynálezu mezi 3,5 až 5 % hmot. Při tomto obsahu křemíku volí se obsah chromu účelně mezi 17 až 20 % hmot. a obsah niklu mezi 14 až 18 procenty hmot. Tyto obsahy niklu postačují k tomu, aby bylo zaručováno austenitické složení. Jestliže je požadována zvýšená odolnost proti vysokým teplotám, stačí všeobecně přiměs dusíku do 0,2 % hmot. Také přiměsí niobu — účelně mezi 1,0 až 2,0 % hmot. může být odolnost proti vysokým teplotám zvyšována postačujícím způsobem.

Podle tohoto vynálezu doporučené slitiny s vysokým obsahem křemíku byly ve formě předmětů z válcovaných a kovaných ocelí a ve formě tvarovaných odlitků ve velkém rozsahu vyzkoušeny v provozech tepelného zpracování v hutním závodě. Teploty pece byly přitom v rozsahu mezi 900 a 1250 °C. Zkoušených materiálů bylo použito ve formě krycích plechů, jež byly přímo vystaveny plamenům hořáků, ve formě krosen, jež byly při tepelném zpracování tavbou prudce ochlazovány ve vodě nebo vzduchu, jakož i ve formě ochranných obalů pro termoelektrické články a podobně. Jako materiálu bylo k tomu použito jak ocelí podle základních druhů s obsahem 18 % chromu, 15 % niklu a 4 % křemíku; 20 % chromu, 20 % niklu a 4 % křemíku, tak i 22 % chromu, 25 % niklu s 3 % a 5 % křemíku, přičemž uváděná procenta jsou hmotnostní.

Ve všech případech bylo přitom dosaženo životnosti, jež činila několiknásobek oné u součástí ze zmíněné normované oceli X

15 CrNiSi 25 20, již se dosud všeobecně používalo k výrobě takových součástí.

V pecích pro tepelné zpracování v hutních závodech, ve spalovnách odpadků, jakož i ve všech topeništích, v nichž se topí palivy obsahujícími síru, mohou vznikat atmosféry vzduchového spalování, jež obsahují menší nebo větší množství sírových sloučenin. V takových případech se může nepříjemně projevat známá citlivost vůči síře

ocelí, jež mají vysoké obsahy niklu, čímž se může značně zkracovat životnost konstrukčních součástí vyrobených z takových ocelí.

Při používání podle tohoto vynálezu doporučovaných ocelí s vysokým obsahem křemíku není tato citlivost vůči síře kupodivu pozorována. Tento zjev je zřejmě důsledkem vysoké odolnosti proti okujím, již se dosahuje vysokými obsahy křemíku.

PREDMĚT VYNÁLEZU

Použití austenitických železochromniklových slitin s vysokým obsahem křemíku o složení 0,01 až 0,25 hmot. % uhlíku, 3,5 až 5,0 hmot. % křemíku, stopy až 2,0 hmot. % manganu, 17,0 až 20,0 hmot. % chromu, 14,0 až 18,0 hmot. % niklu, stopy až 0,2 hmot. %

dusíku, popřípadě 1,0 až 2,0 hmot. % niobu, zbytek železo a nevyhnutelné nečistoty, k výrobě konstrukčních a strojových součástí, jež jsou určeny k provozu v teplotním rozsahu nad 800 °C, zejména nad 850 °C, v atmosféře spalování s přebytkem vzduchu.