



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

257171

(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴

C 22 C 38/22

(22) Přihlášeno 11 06 86

(21) PV 4291-86.H

(40) Zveřejněno 17 09 87

(45) Vydáno 15 02 89

(75)

Autor vynálezu

MICKERTS ERVÍN ing., MARTÍNEK JIŘÍ ing., OSTRAVA, IDŽIKOVSKÝ BORIS ing.,
KLIMKOVICE, MOLÍNEK BRONISLAV ing., TĚRLICKO, TVRDÝ MILOSLAV ing.,
VLČKOVÁ HELENA ing., PURMENSÝ JAROSLAV ing. CSc., OSTRAVA

(54) Chrommolybdenová ocel pro chemická a energetická zařízení

Řešení se týká chrommolybdenové oceli o chemickém složení uhlík max. 0,15 %, mangan max. 0,70 %, křemík max. 0,30 %, fosfor max. 0,015 %, síru max. 0,010 %, chrom od 2 do 2,5 %, molybden od 0,90 do 1,10 %, nikl max. 0,20 %, měď max. 0,10 %, kde uváděná procenta jsou procenta hmotnosti, která za účelem snížení její náchylnosti k segregaci škodlivých prvků na hranicích zrn původního austenitu a vzniku křehkých lomů interkrystalického charakteru obsahuje dále hliník stopy až 0,030 %, cín stopy až 0,010 %, antimon stopy až 0,006 %, arsén stopy až 0,010 %, dusík stopy až 0,015 %, kyslík stopy až 0,008 %, vodík stopy až 3,0 cm³ na 100 gramů, vanad stopy až 0,03 %, titan stopy až 0,03 %, niob stopy až 0,03 %, kde součet procentuálního obsahu fosforu a cínu, násobený tisícem je roven číslu od 15 do 22.

Vynález se týká chrommolybdenové oceli pro chemická nebo energetická zařízení s vysokou odolností proti vývinu interkrystalické křehkosti při dlouhodobém používání za zvýšených teplot.

Z řady nízkolegovaných chrommolybdenových ocelí je pro práci za zvýšených teplot nejrozsáhlejší ocel o chemickém složení:

uhlík	max. 0,15 % hmotnosti
mangan	od 0,30 do 0,60 % hmotnosti
křemík	max. 0,50 % hmotnosti
chrom	od 2,00 do 2,50 % hmotnosti
molybden	od 0,90 do 1,10 % hmotnosti
nikl	max. 0,20 % hmotnosti
měď	max. 0,20 % hmotnosti

u které je specifikována horní přípustná hranice fosforu 0,030 % hmotnosti a síry 0,030 % hmotnosti.

U této oceli je známo, že dochází při jejím pomalém ochlazování z propouštěcí teploty, případně z teplot žhání na snížení pnutí a při vlastní explozi za zvýšených teplot, v rámci tlakových zařízení chemického strojírenství, k segregaci fosforu a dalších škodlivých prvků na velkouhlové hranici zrn a snížení jejich kohezni pevnosti, což vede k výraznému zvýšení tranzitních teplot vrubové a lomové houževnatosti a výskytu interkrystalického porušení. Nepříznivý účinek škodlivých prvků se dále projevuje při svařování, navařování i při vlastním creepovém namáhání vnikem trhlin a lomů interkrystalického charakteru.

Při vývinu vysokoteplotní popouštěcí křehkosti této chrommolybdenové oceli, jak při dlouhodobé výdrži za zvýšených teplot v rozmezí 350 až 600 °C nebo při pomalém ochlazování z teplot popouštění vyšších než 600 °C, je potenciálním prvkem fosfor, který segreguje na hranicích zrn původního austenitu a snižuje jejich kohezni pevnost. Molybden u této oceli brání segregaci fosforu jen částečně, neboť v množství 0,9 až 1,1 % hmot. vytváří podmínky pro výraznou precipitaci karbidů a ochuzení tuhého roztoku o tento prvek. Tím je usnadněna i segregace dalších škodlivých prvků jako je cín, antimon a arzén. Dalším segregujícím prvkem v oblasti popouštěcích teplot je křemík, který je rovněž prvkem zkřehávajícím hranice zrn původního austenitu. Mangan je prvkem, který efektivně zvyšuje segregaci aktivitu škodlivých prvků, zejména fosforu a antimonu, jeho přítomnost v oceli je však nutná pro zabezpečení prokalitelnosti ve velkých tloušťkách.

Z výše uvedeného vyplývá, že z hlediska zabezpečení odolnosti proti vzniku křehkého porušení po pomalém ochlazování z popouštěcí teploty nebo z teplot žhání na snížení pnutí a po dlouhodobé práci za zvýšených teplot v oblasti teplot vývinu vysokoteplotní popouštěcí křehkosti, zejména za snížených teplot zkoušení dosavadní specifikace chemického složení této chrommolybdenové oceli je nedostatečná. Jako příklad je možno uvést ocel o chemickém složení 0,13 % uhlíku, 0,59 % manganu, 0,23 % křemíku, 0,012 % fosforu, 0,010 % síry, 2,25 % chromu, 0,94 % molybdenu, 0,015 % cínu vše v procentech hmotnosti, ve formě plechu o tloušťce 90 mm, která po zakalení a popouštění měla přechodovou teplotu vrubové houževnatosti pro hodnotu KCV = 68 J.cm⁻² -70 °C. Po řízeném stupňovitým ochlazování v intervalu teplot 595 až 315 °C po dobu 10 dní se posunula tato přechodová teplota o 60 °C k vyšším teplotám, tj. na úroveň -10 °C, což je přechodová teplota, která již neumožňuje garantovat bezpečnost tlakových nádob a dalších komponent tlakových zařízení proti křehkému porušení zejména ve velkých tloušťkách.

Uvedené nevýhody stávající chrommolybdenové oceli pro chemická a energetická zařízení s odolností proti vývinu interkrystalické křehkosti při dlouhodobém používání za zvýšených teplot se odstraní chrommolybdenovou ocelí podle vynálezu v chemickém složení uhlík max. 0,15 % hmotnosti, manganu max. 0,70 % hmotnosti, křemík max. 0,30 % hmotnosti, fosfor max.

0,015 % hmotnosti, síru max. 0,010 % hmotnosti, chrom od 2 do 2,5 % hmotnosti, molybden od 0,90 do 1,10 % hmotnosti, nikl max. 0,20 % hmotnosti, měď max. 0,10 % hmotnosti, jehož podstata spočívá v tom, že dále obsahuje hliník stopy až 0,030 % hmotnosti, cín stopy až 0,010 % hmotnosti, antimon stopy až 0,006 % hmotnosti, arsén stopy až 0,010 % hmotnosti, dusík stopy až 0,015 % hmotnosti, kyslík stopy až 0,008 % hmotnosti, vodík stopy až 3,0 cm³ na 100 gramů, vanad stopy až 0,03 % hmotnosti, titan stopy až 0,03 % hmotnosti, niob stopy až 0,03 % hmotnosti, kde součet procentuálního obsahu fosforu a cínu, násobený tisícem je roven číslu od 15 do 22.

Výhodou chrommolybdenové oceli podle vynálezu je, že při zachování stejného obsahu hlavních legujících prvků a uhlíku z pevnostního hlediska a z hlediska creepové dlouhodobé pevnosti je podstatně snížena její náchylnost k segregaci škodlivých prvků na hranice zrn původního austenitu a vzniku křehkých lomů interkrystalického charakteru. Jako příklad se uvádí ocel o chemickém složení v procentech hmotnosti uhlík 0,12 %, mangan 0,61 %, křemík 0,15 %, fosfor 0,010 %, síra 0,005 %, měď 0,06 %, nikl 0,14 %, chrom 2,30 %, molybden 0,99 %, vanad 0,01 %, titan 0,01 %, hliník 0,016 %, cín 0,005 %, niob stopy, arsén 0,010 %, antimon 0,001 %, vodík 2,4 cm³ na 100 g, dusík 0,009 %, kyslík 0,005 %. Součet procentuálního obsahu fosforu a cínu, násobený tisícem je roven číslu 15.

Tato ocel vykazala ve výkovku o tloušťce 300 mm po austenitizaci, popouštění, simulačním žíhání na 680 °C po dobu 15 hodin a step coolinhovém ochlazování následující mechanické vlastnosti:

smluvní mez kluzu $R_{p0,2} = 451$ MPa, mez pevnosti $R_m = 586$ MPa, prodloužení $A_5 = 23$ %, kontrakce $Z = 73$ %, vrubovou houževnatost $KCV + 20$ °C = 301 J.cm⁻², vrubovou houževnatost $KCV -40$ °C = 171 J.cm⁻², smluvní mez kluzu $R_{p0,2} 450$ °C = 348 MPa, po step cooling KCV -30 °C = 122 J.cm⁻² a KCV -40 °C = 91 J.cm⁻².

P R Ě D M Ě T V Y N Á L E Z U

Chrommolybdenová ocel pro chemická a energetická zařízení, obsahující uhlík max. 0,15 % hmotnosti, mangan max. 0,70 % hmotnosti, křemík max. 0,30 % hmotnosti, fosfor max. 0,015 % hmotnosti, síru max. 0,010 % hmotnosti, chrom od 2 do 2,5 % hmotnosti, molybden od 0,90 % do 1,10 % hmotnosti, nikl max. 0,20 % hmotnosti, měď max. 0,10 % hmotnosti, vyznačená tím, že dále obsahuje hliník stopy až 0,030 % hmotnosti, cín stopy až 0,010 % hmotnosti, antimon stopy až 0,06 % hmotnosti, arsén stopy až 0,010 % hmotnosti, dusík stopy až 0,015 % hmotnosti, kyslík stopy až 0,008 % hmotnosti, vodík stopy až 3,0 cm³ na 100 gramů, vanad stopy až 0,03 % hmotnosti, titan stopy až 0,03 % hmotnosti, kde součet procentuálního obsahu fosforu a cínu, násobený tisícem je roven číslu od 15 do 22.