

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2001 - 1235

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **04.04.2001**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **13.11.2002**
(Věstník č. 11/2002)

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

C 22 F 1/043

(71) Přihlašovatel:

JINPO PLUS, A. S., Ostrava, CZ;

(72) Původce:

Foldyna Václav Ing. DrSc., Ostrava, CZ;

Pětroš Kamil Ing., Ostrava, CZ;

Schellong Tomáš Ing., Havířov, CZ;

Kübel Zdeněk Ing., Příbor, CZ;

(74) Zástupce:

Buršík Milan Ing., Plzeňská 218, Praha 5, 15000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob výroby žárupevných tvářených ocelových
součástí**

(57) Anotace:

Způsob výroby žárupevných tvářených ocelových součástí, obzvláště trubek a plechů, pracujících při teplotách převážně v intervalu 200 °C až 525 °C se provádí tak, že tvářená ocelová součást se vyrábí válcováním za tepla z mikrolegované oceli o chemickém složení uhlík C = 0,02 až 0,30 %; křemík Si = až 0,60 %; mangan Mn = 0,2 až 2,0 %; chrom Cr = až 0,50 %; nikl Ni = až 0,40 %; měď Cu = až 0,40 %; titan Ti = až 0,10 %; niob Nb = až 0,15 %; vanad V = až 0,25 %, přičemž celkový obsah Nb + V + Ti je v rozmezí 0,02 až 0,25 %; obsah dusíku je dán vztahem $n = / 0,52 \times Al ; 0,29 \times Ti + 0,15 \times Nb + (0,014 \text{ až } 0,137 \times V)] \%$; síra $S_{\max} = 0,04 \%$; fosfor $P_{\max} = 0,04 \%$; hliník $Al_{\max} = 0,04 \%$, zbytek tvoří železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, přičemž poslední tepelnou operací je normalizační válcování s doválcovací teplotou T_d , pohybují se v rozmezí $A_{r3} < T_d < A_{r3} + 50 \text{ °C}$.

CZ 2001 - 1235 A3

Způsob výroby žárupevných tvářených ocelových součástí

Předmět vynálezu.

Vynález se týká způsobu výroby žárupevných tvářených ocelových součástí, zejména trubek a plechů, používaných v energetických a chemických zařízeních a pracujících při provozních teplotách do cca 525 °C, obvykle v rozmezí 200 °C – 525 °C.

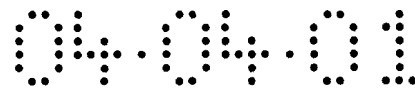
Dosavadní stav techniky.

Doposud se žárupevné tvářené ocelové součásti pro energetická zařízení, které pracují v rozmezí teplot přibližně 200 °C – 525 °C, vyrábějí tvářením za tepla z nelegovaných uhlíkových nebo mikrolegovaných nebo nízkolegovaných ocelí a podrobují se normalizačnímu žíhání nebo normalizačnímu válcování. Výběr tvářených ocelí pro použití za zvýšených teplot se provádí pomocí hodnot meze kluzu nebo hodnot meze pevnosti při tečení za 100.000 hodin pro předpokládanou pracovní teplotu, velikost a druh namáhání. Pro pevnostní výpočet se používá menší z uvedených hodnot.

Nelegované uhlíkové oceli mají nízké hodnoty jak meze kluzu, tak i meze pevnosti při tečení, takže při dimenzování tvářené žárupevné součásti, např. trubky nebo plechu, při očekávaných podmínkách namáhání, je nutné volit velké tloušťky stěny trubky nebo plechu. Velké tloušťky stěn jsou nevýhodné jak kvůli velké spotřebě materiálu a tím i velké hmotnosti součásti, tak i kvůli zhoršenému prostupu tepla tlustou stěnou trubky či plechu.

Z nízkolegovaných ocelí, které mají vyšší hodnoty meze kluzu a podstatně vyšší hodnoty meze pevnosti při tečení než nelegované oceli, pro stejné podmínky namáhání lze vyrobit trubky nebo plechy s mnohem menší tloušťkou stěny. To je sice výhodné z hlediska nízké hmotnosti žárupevné součásti, nízké spotřeby materiálu a zlepšeného prostupu tepla žárupevnou součástí při jejím využití v energetických zařízeních, ale nevýhodné z hlediska vysoké ceny nízkolegovaných ocelí.

Doposud používané mikrolegované oceli mají podstatně vyšší hodnoty meze kluzu než některé nízkolegované oceli, jako např. 16Mo3, ale hodnoty meze pevnosti při tečení za 100.000 hodin jsou podstatně nižší. Tak např. mikrolegovaná ocel podle normy ČSN 412025 o hmotnostním chemickém složení uhlík C = 0,14 až 0,2 %, mangan Mn = 0,6 až 1,0 %, křemík Si = 0,17 až 0,37 %, fosfor P = max. 0,04 %, síra S = max. 0,04 %, P+S = max. 0,07 %, chrom Cr = max. 0,25 %, nikl Ni = max. 0,25 %, měď Cu = max. 0,25 %, vanad V =



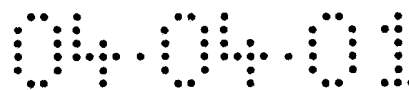
0,05 – 0,09 %, přičemž vanad V může být nahrazen niobem Nb = 0,02 až 0,06 %, zbytek železo Fe a nezbytné výrobní nečistoty, má mez pevnosti při tečení za 100.000 hodin při 450 °C 89 MPa a při 500 °C 37 MPa. Obdobné mikrolegované oceli 20MnNb6 podle evropské normy EN 10216-2 o hmotnostním chemickém složení : uhlík C = max. 0,22 %, mangan Mn = 1,0 až 1,5 %, křemík Si = 0,15 až 0,35 %, niob Nb = 0,015 až 0,1 %, měď Cu = max. 0,3 %, fosfor P = max. 0,03 %, síra S = max. 0,025 %, hliník Al = max. 0,06 %, zbytek železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, mají mez pevnosti při tečení za 100 000 hodin při 400 °C 179 MPa, při 450 °C 85 MPa a při 500 °C 41 MPa. Tyto mikrolegované oceli se s výhodou používají pouze do rozsahu pracovních teplot do cca 410 °C, protože do této teploty je jak hodnota jejich meze kluzu tak i mez pevnosti při tečení za 100.000 hodin vyšší, než u nízkolegovaných molybdenových ocelí. Další výhodou je i jejich nižší cena oproti nízkolegovaným ocelím.

Tvářené žárupevné ocelové součásti, pracující při teplotách vyšších, tj. od cca 410 °C do 520 °C, se dosud vyrábějí z nízkolegovaných ocelí, např. z oceli 16Mo3 podle evropské normy EN 10216-2, jejíž mez kluzu v rozsahu teplot 410 °C až 475 °C se pohybuje od cca 157 MPa do 148 MPa a mez pevnosti při tečení za 100.000 hodin je při 470 °C cca 176 MPa a při 500 °C cca 102 MPa.

Cílem vynálezu je zvýšení hodnoty meze kluzu a meze pevnosti při tečení po za 100.000 hodinách u žárupevných součástí, vyrobených z mikrolegovaných ocelí, pro pracovní teploty 200 °C až cca 525 °C.

Podstata vynálezu.

Vytčeného cíle a podstatného odstranění výše uvedených nevýhod se dosáhne způsobem výroby žárupevných tvářených ocelových součástí, obzvláště trubek a plechů, pracujících při teplotách až do cca 525 °C, jehož podstata spočívá v tom, že tvářená součást se vyrábí z oceli o chemickém složení uhlík C = 0,02 až 0,30 % ; křemík Si = 0,0 až 0,60 % ; mangan Mn = 0,2 až 2,0 % ; chrom Cr = 0,0 až 0,50 % ; nikl Ni = 0,0 až 0,40 % ; měď Cu = 0,0 až 0,40 % ; titan Ti = 0,0 až 0,10 % ; niob Nb = 0,0 až 0,15 % ; vanad V = 0,0 až 0,25 % , přičemž celkový obsah Nb + V + Ti je v rozmezí 0,02 až 0,25 %, a obsah dusíku N je dán vztahem $N = [0,52 \times Al + 0,29 \times Ti + 0,15 \times Nb + (0,014 \text{ až } 0,137 \times V)] \%$;



síra $S_{\max} = 0,04 \%$; fosfor $P_{\max} = 0,04 \%$; hliník $Al_{\max} = 0,04 \%$, zbytek tvoří železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, válcováním za tepla, přičemž poslední tepelnou operací je normalizační válcování s doválcovací teplotou T_d , pohybující se v rozmezí $A_{r3} < T_d \leq A_{r3} + 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tvářené žárupevné součásti, vyrobené tímto způsobem, dosahují meze pevnosti při tečení za 100.000 hodin při teplotě $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ v rozmezí 120 až 185 MPa, při teplotě $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 75 až 85 MPa a při teplotě $525 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 50 až 65 MPa.

Je výhodné, vyrobí-li se tvářená žárupevná součást z citované mikrolegované oceli, s obsahem vanadu $V = 0,02$ až $0,25 \%$ a obsahem niobu $Nb = 0,00$ až $0,02 \%$.

Žárupevné tvářené součásti, vyrobené výše uvedeným způsobem dosahují meze pevnosti při tečení za 100.000 hodin při teplotě $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ v rozmezí 170 až 185 MPa, při teplotě $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 79 až 85 MPa a při teplotě $525 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 60 až 65 MPa.

Přehled obrázků na výkresech.

Na přiloženém obr. 1 jsou graficky znázorněny průběhy hodnot mezí kluzu a mezí pevnosti při tečení za 100.000 hodin žárupevných tvářených součástí, vyrobených způsobem podle známého stavu techniky a podle vynálezu.

Příklady provedení vynálezu.

Příklad 1.

První kotlové trubky o vnějším průměru 273 mm a síle stěny 25 mm byly vyrobeny známým způsobem z mikrolegované oceli podle ČSN 412025 o hmotnostním chemickém složení uhlík $C = 0,15 \%$, mangan $Mn = 1,00 \%$, křemík $Si = 0,30 \%$, chrom $Cr = 0,10 \%$, nikl $Ni = 0,0 \%$, měď $Cu = 0,07 \%$, vanad $V = 0,07 \%$, síra $S = 0,01 \%$, fosfor $P = 0,012 \%$, zbytek železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty a byly válcovány za tepla při obvyklých parametrech, přičemž poslední operace byla normalizační válcování při teplotě T_d , pohybující se v rozmezí $A_{r3} < T_d < A_{r3} + 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Takto vyrobené kotlové trubky byly podrobeny dlouhodobým zkouškám tečení do lomu po dobu 100.000 hodin, po kterých dosahovaly průměrné hodnoty meze pevnosti při tečení hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádku 1.

Příklad 2.

Druhé kotlové trubky byly vyrobeny známým způsobem z téže samé mikrolegované oceli a o stejném rozměru jako první trubky v příkladu 1, byly válcovány za tepla při stejných parametrech jako první trubky, načež byly normalizačně žíhány.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly druhé trubky průměrné hodnoty meze pevnosti při tečení, uvedené v Tab. 1 na řádku 2.

Příklad 3.

Třetí kotlové trubky byly vyrobeny známým způsobem z mikrolegované oceli podle normy ČSN 412025 o v podstatě stejném chemickém složení a stejném rozměru jako první a druhé trubky, pouze a jen s tím rozdílem, že přísada vanadu $V = 0,07 \%$ byla nahrazena přísadou niobu $Nb = 0,05 \%$. Trubky byly válcovány při týchž parametrech jako předchozí trubky a válcování bylo zakončeno normalizačním válcováním při týchž teplotách T_d , jako v příkladu 1.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly třetí trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádku 3.

Příklad 4.

Čtvrté kotlové trubky byly vyrobeny známým způsobem z téže samé oceli, jako třetí trubky v příkladu 3. Byly stejným způsobem a za stejných parametrů válcovány a na závěr byly navíc normalizačně žíhány.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly čtvrté trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádku 4.

Příklad 5.

Páté kotlové trubky byly vyrobeny válcováním za tepla známým způsobem z mikrolegované oceli o hmotnostním chemickém složení uhlík C = max. 0,22 %, mangan Mn = 1,0 až 1,5 %, křemík Si = 0,15 až 0,35 %, niob Nb = 0,015 až 0,10 %, měď Cu = max. 0,3 %, fosfor P = max. 0,03 %, síra S = max. 0,025 %, hliník Al = max. 0,06 %, zbytek železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty. Trubky byly válcovány při stejných parametrech jako v příkladu 1 a po vyvácování byly normalizačně žihány.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 5.

Příklad 6.

Šesté kotlové trubky byly vyrobeny z mikrolegované oceli podle předkládaného vynálezu o hmotnostním chemickém složení uhlík C = 0,14 %, mangan Mn = 0,87 %, křemík Si = 0,3 %, chrom Cr = 0,2 %, nikl Ni = 0,12 %, měď Cu = 0,07 %, vanad V = 0,08 %, niob Nb = 0,01 %, dusík N = 0,009 %, síra S = 0,01 %, fosfor P = 0,01 %, hliník Al = 0,01 %, zbytek železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, válcováním za tepla s normalizačním válcováním při teplotě T_d jakožto posledním tepelným zpracováním. Teplota T_d normalizačního válcování se pohybovala v rozmezí $A_{r3} < T_d \leq A_{r3} + 50$ °C.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly tyto trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 6.

Při výrobě těchto trubek byly dodrženy všechny podmínky, stanovené vynálezem.

Příklad 7.

Sedmé kotlové trubky byly vyrobeny ze stejné mikrolegované oceli jako šesté trubky v příkladu 6, byly válcovány za tepla při stejných parametrech jako šesté trubky, načež byly na závěr navíc normalizačně žihány.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly tyto trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 7.

Při výrobě těchto trubek nebyla dodržena vynálezecká podmínka, že poslední tepelná operace je normalizační válcování.

Příklad 8.

Osmé kotlové trubky byly vyrobeny z mikrolegované oceli podle předkládaného vynálezu o hmotnostním chemickém složení uhlík C = 0,18 %, křemík Si = 0,29 %, mangan Mn = 0,80 %, chrom Cr = 0,15 %, nikl Ni = 0,05 %, měď Cu = 0,15 %, niob Nb = 0,05 %, dusík N = 0,015 %, síra S = 0,02 %, fosfor P = 0,018 %, hliník Al = 0,013 %, zbytek železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, byly válcovány za tepla a na závěr normalizačně válcovány při stejných parametrech, jako šesté trubky v příkladu 6.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 8.

Při výrobě těchto trubek byly dodrženy všechny podmínky, stanovené vynálezem.

Příklad 9.

Deváté kotlové trubky byly vyrobeny z mikrolegované oceli o stejném chemickém složení, jako osmé trubky v příkladu 8, byly tepelně tvářeny při stejných parametrech, jako v příkladu 8 a na závěr byly navíc normalizačně žhány.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 9.

Při výrobě těchto trubek nebyla splněna vynálezecká podmínka, že poslední tepelná operace je normalizační válcování.

Příklad 10.

Desáté kotlové trubky byly vyrobeny z mikrolegované oceli o stejném chemickém složení jako osmé trubky v příkladu 8, byly tepelně tvářeny při stejných parametrech, jako předchozí trubky, ale s tím rozdílem, že normalizační válcování bylo ukončeno při doválcovací teplotě T_d , která se pohybovala v rozmezí $A_{r3} + 100\text{ °C} < T_d < A_{r3} + 130\text{ °C}$, tedy nad horní hranicí, určenou vynálezem.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly tyto trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 10.

Při výrobě těchto trubek nebyla dodržena vynálezecká podmínka rozsahu teplot normalizačního válcování.

Příklad 11.

Jedenácté kotlové trubky byly vyrobeny z mikrolegované oceli o v podstatě stejném chemickém složení, jako trubky v příkladu 8, až na to, že měly obsah hliníku $Al = 0,004 \%$, vanadu $V = 0,02 \%$ a dusíku $N = 0,0002 \%$, byly válcovány za tepla s normalizačním válcováním při teplotě T_d , jakožto posledním tepelným zpracováním, přičemž doválcovací teplota T_d normalizačního válcování se pohybovala v rozmezí $A_{r3} < T_d \leq A_{r3} + 50 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly tyto trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 11.

Při výrobě těchto trubek nebyla splněna vynálezecká podmínka minimálního obsahu dusíku $N=0,00288 \%$.

Příklad 12.

Dvanácté kotlové trubky byly vyrobeny z mikrolegované oceli podle předkládaného vynálezu o hmotnostním chemickém složení uhlík $C = 0,02 \%$, mangan $Mn = 0,20 \%$, vanad $V = 0,02 \%$, dusík $N = 0,003 \%$, hliník $Al = 0,005 \%$, zbytek železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, byly válcovány za tepla a na závěr normalizačně válcovány při stejných parametrech, jako šesté trubky v příkladu 6.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 12.

Při výrobě těchto trubek byly dodrženy všechny podmínky, stanovené vynálezem.

Příklad 13.

Třinácté kotlové trubky byly vyrobeny z mikrolegované oceli podle předkládaného vynálezu o hmotnostním chemickém složení uhlík $C = 0,30 \%$, křemík $Si = 0,60 \%$, mangan $Mn = 2,0 \%$, chrom $Cr = 0,50 \%$, nikl $Ni = 0,40 \%$, měď $Cu = 0,40 \%$, niob $Nb = 0,15 \%$, titan $Ti = 0,10 \%$, dusík $N = 0,06 \%$, síra $S = 0,04 \%$, fosfor $P = 0,04 \%$, hliník $Al = 0,04 \%$, zbytek železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, byly válcovány za tepla a na závěr normalizačně válcovány při stejných parametrech, jako šesté trubky v příkladu 8.

Po dlouhodobých zkouškách tečení do lomu po dobu 100.000 hodin vykazovaly trubky průměrné hodnoty, uvedené v Tab. 1 na řádce 13.

Při výrobě těchto trubek byly dodrženy všechny podmínky, stanovené vynálezem.

Průměrné naměřené hodnoty mezí pevností při tečení za 100 000 hodin jsou uvedeny v následující tabulce 1 a průměrné naměřené hodnoty mezí kluzu jsou uvedeny v tabulce 2.

Přitom zkratky ve sloupci „pozn.“ znamenají:

ZS = známý stav techniky

V = podle vynálezu

VN = nedodrženy podmínky vynálezu.

Tabulka 1 :

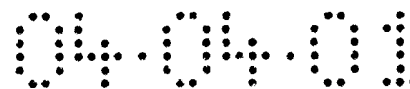
Příklad č. :	Mez pevnosti při tečení za 100.000 hodin (MPa)						Pozn.:
	400 °C	425 °C	450 °C	475 °C	500 °C	525 °C	
1.	165	123	85	65	44	-	ZS
2.	160	117	78	58	40	-	ZS
3.	158	112	73	55	32	-	ZS
4.	155	112	71	52	30	-	ZS
5.	155	112	71	52	30	-	ZS
6.	-	-	183	133	81	58	V
7.	-	190	132	92	59	40	VN
8.	-	165	132	102	75	53	V
9.	165	123	81	61	45	29	VN
10.	-	-	130	108	50	26	VN
11.	-	-	179	128	57	28	VN
12.	-	-	179	129	78	55	V
13.	-	165	134	104	75	54	V

Tabulka 2 :

Příklad č. :	Mez kluzu (MPa)					Pozn.:
	350 °C	400 °C	425 °C	450 °C	475 °C	
1.	195	176	165	157	-	ZS
2.	192	173	161	154	-	ZS
3.	188	169	158	151	-	ZS
4.	185	165	154	150	-	ZS
5.	185	165	154	150	-	ZS
6.	206	190	183	171	161	V
7.	201	186	179	165	158	VN
8.	206	190	183	171	159	V
9.	195	176	165	155	-	VN
10.	203	187	180	167	-	VN
11.	202	187	178	165		VN
12.	204	187	180	168	158	V
13.	209	194	188	175	162	V

Ze vzájemného porovnání hodnot mezi pevností při tečení do lomu za 100.000 hodin při teplotách 450 °C až 525 °C je zřejmé, že kotlové trubky, uvedené v příkladech 6, 8, 12 a 13, které byly vyrobeny způsobem podle předkládaného vynálezu, vykazují podstatně vyšší meze pevnosti při tečení za 100.000 hodin při teplotách 420 °C – 525 °C, než dosud vyráběné trubky z mikrolegovaných ocelí, uvedených v příkladech 1 až 5, nebo než trubky, vyrobené z mikrolegovaných ocelí, u kterých nebyly splněny všechny vynálezem definované podmínky – viz příklady 7, 9, 10 a 11.

Na přiloženém obr. 1 jsou graficky znázorněny průběhy mezí kluzu a mezí pevnosti při tečení za 100.000 hodin pro žárupevné součásti, vyrobené známým způsobem ze známých uhlíkových, nízkolegovaných a mikrolegovaných ocelí a průběh mezí kluzu a mezí pevnosti při tečení za 100.000 hodin pro žárupevné součásti, vyrobené podle vynálezu. Přitom přímkové části grafů představují vždy meze kluzu a exponenciální části grafu označují vždy meze pevnosti při tečení za 100.000 hodin.



Jak je patrné z grafu 1 a 1' pro uhlíkovou ocel, které odpovídají oceli St 45.8 podle návrhu evropské normy EN 10216-2, klesá mez kluzu z hodnoty 140 MPa při 350 °C na hodnotu 120 MPa při 410 °C a mez pevnosti při tečení klesá exponenciálně ze 120 MPa při 410 °C na 21 MPa při 520 °C.

Jak je patrné z grafu 2 , 2' pro nízkolegovanou molybdenovou ocel, která odpovídá oceli 16Mo3 podle návrhu evropské normy EN 10216-2, klesá mez kluzu ze 160 MPa při 350 °C přímkově na 148 MPa při 475 °C a mez pevnosti při tečení klesá exponenciálně z hodnoty 148 MPa při 475 °C na 60 MPa při 520 °C.

Jak je patrné z grafu 3 , 3' pro mikrolegovanou ocel podle ČSN 412025, klesá mez kluzu z hodnoty 202 MPa při 350 °C přímkově na hodnotu 180 MPa při 400 °C a mez pevnosti při tečení klesá exponenciálně z hodnoty 180 MPa při 400 °C na 28 MPa při 520 °C.

Jak je patrné z grafu 4, 4' pro mikrolegovanou ocel podle předkládaného vynálezu, mikrolegovanou pouze niobem (viz příklad 8), klesá mez kluzu přímkově z hodnoty 206 MPa při 350 °C na 180 MPa při 428 °C a mez pevnosti při tečení klesá exponenciálně z hodnoty 180 MPa při 428 °C na hodnotu 53 Mpa při 520 °C.

Jak vyplývá z grafu 5, 5' pro mikrolegovanou ocel podle předkládaného vynálezu, mikrolegovanou vanadem V a niobem Nb podle patentového nároku 2 (viz příklad 6), klesá mez pevnosti přímkově z hodnoty 206 MPa při 350 °C na 165 MPa při 460 °C a mez pevnosti při tečení klesá exponenciálně z hodnoty 165 MPa při teplotě 460 °C na 60 MPa při 520 °C.

Z tohoto grafického znázornění zřetelně vyplývají rozdíly mezi hodnotami mezí kluzu a mezí pevnosti při tečení žárupevných součástí, vyrobených známými způsoby a žárupevných součástí, vyrobených podle předkládaného vynálezu.

Dosažení vysokých hodnot mezí pevnosti při tečení umožnil předkládaný způsob výroby žárupevných tvářených ocelových součástí, kterým se docílí jemnozrné struktury mikrolegované oceli, s minimálními mezičásticovými vzdálenostmi o hodnotě cca 100 nm.

Výhoda ocelí s minimálními mezičásticovými vzdálenostmi se projeví právě při tečení za 100.000 hodin při teplotách nad cca 400 °C, kdy mez pevnosti při tečení klesá se třetí mocninou mezičásticových vzdáleností, zatímco mez kluzu je nepřímo úměrná k mezičásticovým vzdálenostem. Přitom pro pevnost žárupevných součástí je rozhodující ta z obou hodnot meze kluzu a meze pevnosti při tečení, která je nižší (viz grafy na obr. 1).

Na vytvoření požadované jemnozrné struktury mikrolegované oceli u žárupevné tvářené součásti podle vynálezu se podílí jak chemické složení mikrolegované oceli, tak i její tepelné a mechanické zpracování při výrobě součásti.

Vynálezem stanovené obsahy dusíku N a vanadu V, nebo dusíku N, vanadu V a niobu Nb, nebo dusíku N a niobu Nb, zabezpečí tvorbu rozměrově stálejších a tepelně odolnějších částic karbonitridu vanadu a/nebo niobu, které mají kladný vliv na vytváření malých precipitačních částic o velikosti 5 až 10 nm.

Tváření za tepla žárupevné součásti z mikrolegované oceli podle vynálezu a vynálezem stanovený rozsah teplot T_d normalizačního válcování v intervalu $A_{r3} < T_d \leq A_{r3} + 50$ °C, zajistí vyloučení velmi jemných částic karbonitridu vanadu V a/nebo niobu Nb se středními vzdálenostmi mezi částicemi do cca 100 nm.

Žárupevné tvářené ocelové součásti, vyrobené podle předkládaného vynálezu, nesmí být následně normalizačně žháný. Následný nový ohřev, ke kterému by došlo v průběhu normalizačního žhání, by totiž zapříčinil hrubnutí vyprecipitovaných částic karbonitridu niobu, nebo rozpouštění částic karbonitridu vanadu, což v obou případech má za následek zvýšení střední vzdálenosti částic a následně pak snížení žárupevných vlastností, což se mnohem výrazněji projevuje u ocelí mikrolegovaných niobem, než u ocelí mikrolegovaných vanadem. U ocelí mikrolegovaných niobem Nb se totiž při nižší teplotě austenitizace nerozpustí karbidy respektive karbonitridy niobu Nb, ale dochází pouze k hrubnutí částic, tj. růstu velkých částic při současném rozpouštění malých částic. U ocelí mikrolegovaných vanadem V dochází při normalizačním žhání k rozpouštění částic karbidu, respektive karbonitridu vanadu a při ochlazování na vzduchu dochází k částečné reprecipitaci karbidu nebo karbonitridu vanadu.

Průmyslová využitelnost

Způsob výroby žárupevných tvářených ocelových součástí je vhodný pro výrobu jakýchkoliv součástí energetických a chemických zařízení, pracujících při teplotách až do 520 °C, obzvláště kotlových trubek a plechů.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob výroby žárupevných tvářených ocelových součástí, obzvláště trubek a plechů, pracujících při teplotách převážně v intervalu 200 °C až 525 °C, vyznačený tím, že tvářená ocelová součást se vyrábí válcováním za tepla z mikrolegované oceli o chemickém složení uhlík C = 0,02 až 0,30 % ; křemík Si = 0,0 až 0,60 % ; mangan Mn = 0,2 až 2,0 % ; chrom Cr = 0,0 až 0,50 % ; nikl Ni = 0,0 až 0,40 % ; měď Cu = 0,0 až 0,40 % ; titan Ti = 0,0 až 0,10 % ; niob Nb = 0,0 až 0,15 % ; vanad V = 0,0 až 0,25 % , přičemž celkový obsah Nb + V + Ti je v rozmezí 0,02 až 0,25 % ; obsah dusíku je dán vztahem $N = [0,52 \times Al + 0,29 \times Ti + 0,15 \times Nb + (0,014 \text{ až } 0,137 \times V)] \%$; síra $S_{\max} = 0,04 \%$; fosfor $P_{\max} = 0,04 \%$; hliník $Al_{\max} = 0,04 \%$, zbytek tvoří železo Fe a nevyhnutelné výrobní nečistoty, přičemž poslední tepelnou operací je normalizační válcování s doválcovací teplotou T_d , pohybující se v rozmezí $A_{r3} < T_d < A_{r3} + 50 \text{ } ^\circ\text{C}$.
2. Způsob výroby žárupevných tvářených ocelových součástí podle nároku 1, vyznačený tím, že obsah vanadu je v rozmezí V = 0,02 až 0,25 % a obsah niobu je v rozmezí Nb = 0,0 až 0,02 %.

✕

P V 2001-1235
04.04.01

Obr. č. 1

