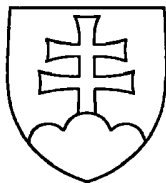


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA VYNÁLEZU

- (22) Dátum podania: 18.06.1998
(31) Číslo prioritnej prihlášky: 60/050 280, 60/053 966, 60/068 180
(32) Dátum priority: 20.06.1997, 28.07.1997, 19.12.1997
(33) Krajina priority: US, US, US
(40) Dátum zverejnenia: 11.07.2000
(86) Číslo PCT: PCT/US98/12704, 18.06.1998

(21) Číslo dokumentu:

1719-99

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.7

C 22C 38/08
F 25B 19/00
F 25D 23/00

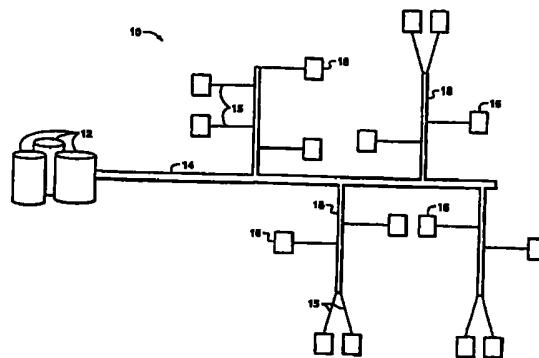
(71) Prihlasovateľ: EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY, Houston, TX, US;

(72) Pôvodca vynálezu: Bowen Ronald R., Magnolia, TX, US;
Minta Moses, Sugar Land, TX, US;
Rigby James R., Kingwood, TX, US;

(74) Zástupca: Patentservis Bratislava, a. s., Bratislava, SK;

(54) Názov prihlášky vynálezu: Systémy siete rozvodných potrubí na prepravovanie skvapalneného zemného plynu

(57) Anotácia:
Systémy siete rozvodných potrubí sú uskutočnené na prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pri tlaku od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote od asi -123 °C (-190 °F) do asi -62 °C (-80 °F). Rúrky a iné zložky systémov siete rozvodných potrubí sú konštruované z veľmi vysoko pevnostnej, nízkolegovanej ocele obsahujúcej menej než 9 hmotn. % niklu a majú pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73 °C (-100 °F) prostredia.



Systémy siete rozvodných potrubí na prepravovanie skvapalneného zemného plynu

Oblasť techniky

Tento vynález sa týka systémov siete rozvodných potrubí pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu (TSZP) a najmä takých systémov, ktoré majú trubky a iné zložky, ktoré sú konštruované z veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocelí obsahujúcich menej než 9 hmotn. % niklu a majúcich pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a teplotu prechodu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F).

Doterajší stav techniky

V nasledujúcej špecifikácii sú definované rôzne pojmy. Pre vhodnosť je uskutočnený Slovník pojmov, ktorý je hneď pred nárokmi.

Veľa zdrojov zemného plynu sa nachádza vo vzdialených oblastiach, vo veľkých vzdialenostiach od všetkých komerčných trhov plynu. Niekedy je možné prepravovať produkovaný zemný plyn na komerčný trh potrubím. Keď prepravovanie potrubím na komerčný trh nie je uskutočniteľné, produkovaný zemný plyn je často prepravu na trh spracovaný na skvapalnený zemný plyn. Skvapalnený zemný plyn je typicky prepravovaný prostredníctvom špeciálne montovaných tankerových lodí, a potom je uskladnený a znovu vyparený v importnom termináli blízko trhu. Zariadenie používané na skvapalnenie, prepravu a opätovné vyparovanie zemného plynu je vo všeobecnosti dosť nákladné a typický, konvenčný projekt pre skvapalnený zemný plyn môže stáť od 5 miliárd USD do 10 miliárd USD, vrátane oblasti nákladov na rozvoj. Typické „dno“ projektu pre skvapalnený zemný plyn vyžaduje minimálny zdroj zemného plynu asi 280 Gm^3 (10 TKS (trilión kubických stôp)) a odberatelia pre skvapalnený zemný plyn sú vo všeobecnosti veľké podniky. Často zdroje zemného objavené vo vzdialených oblastiach sú menšie než 280 Gm^3 (10 TKS). Aj keď sú prírodné bázy zemného plynu, ktoré spĺňajú 280 Gm^3 (10 TKS) minimálne, v dlhodobých záväzkoch na 20 rokov alebo viac je všetko zahrnuté, t.j. dodávateľ skvapalneného zemného plynu, špeditér skvapalneného zemného plynu a veľké odberateľské podniky skvapalneného zemného plynu, sú vyžadované pre

ekonomický proces skladovania a prepravovania zemného plynu ako skvapalneného zemného plynu. Kde majú potenciálni odberatelia skvapalneného zemného plynu alternatívny zdroj plynu, konvenčný dodávacia reťaz skvapalneného zemného plynu nie je ekonomicky konkurencieschopná.

Konvenčná výrobná jednotka skvapalneného zemného plynu produkuje pri teplote asi -162°C (-260°F) a pri atmosferickom tlaku. Typický prúd zemného plynu vstupuje do konvenčnej výrobnéj jednotky pre skvapalnený zemný plyn pri tlakoch od asi 4830 kPa (700 psia) do asi 7600 kPa (1100 psia) a teplotách od asi 21°C (70°F) do asi 38°C (100°F). Chladiaci výkon do asi 350 000 koňských síl je potrebný na redukovanie teploty zemného plynu na veľmi nízku výstupnú teplotu asi -162°C (-260°F) v konvenčných dvojradovej výrobnéj jednotke skvapalneného zemného plynu. Voda, oxid uhličitý, síru obsahujúce zlúčeniny, ako je sírovodík a kyslé plyny, n-pentán a ťažšie uhľovodíky, vrátane benzénu, musia byť v podstate zo zemného plynu pri konvenčnom spracovávaní skvapalneného zemného plynu odstránené znížením na milióntinové hodnoty, alebo tieto zlúčeniny budú zmrazené, čo spôsobuje ucpávacie problémy v zariadení na spracovanie. V konvenčnej výrobnéj jednotke skvapalneného zemného plynu je požadované, aby zariadenie spracovávajúce plyn odstránilo oxid uhličitý a kyslé plyny. Zariadenie spracovávajúce plyn typicky používa chemické a/alebo fyzikálne rozpúšťadla regenerujúce postupy a vyžaduje výrazné kapitálové investície. Vysoké sú tiež operačné náklady vo vzťahu k ostatnému zariadeniu výrobnéj jednotky. Vysúšacie suchého lôžka, ako sú molekulové sitá, sú vyžadované na odstránenie vodnej pary. Čistiaca kolóna a zariadenie frakčnej destilácie sú používané na odstránenie uhľovodíkov, ktoré majú sklon spôsobovať ucpávacie problémy. Tiež je v konvenčnej výrobnéj jednotke skvapalneného zemného plynu odstránená ortuť, keďže môže spôsobovať porušenie zariadenia konštruovaného z hliníka. Ďalej je po spracovaní odstránená veľká časť dusíka, ktorá môže byť prítomná v zemnom plyne, keďže dusík neostane v kvapalnej fáze pri prepravovaní skvapalneného zemného plynu a výpary dusíka v kontajneroch pre skvapalnený zemný plyn z hľadiska dodávania sú nežiadúce.

Kontajnery, potrubie a ďalšie zariadenia používané v konvenčnej výrobnéj jednotke pre skvapalnený zemný plyn sú typicky konštruované, aspoň čiastočne, z hliníka alebo niklu obsahujúcej ocele (napr. 9 hmotn. % niklu) pre uskutočnenie požadovanej tuhosti pri lome pri extrémne chladných teplotách spracovania. Drahé materiály s dobrou tuhosťou pri lome pri nízkych teplotách, zahrňujúce hliník

a komerčnú nikel obsahujúcu ocel' (napr. 9 hmotn. % niklu) sú typicky používané, aby mohli obsahovať skvapalnený zemný plyn u lodí pre skvapalnený zemný plyn a v importných termináloch, navyiac pri ich používaní v konvenčnej výrobnnej jednotke.

Typická konvenčná loď pre skvapalnený zemný plyn využíva veľké guľovité kontajnery, známe ako Mossove sféry, pre uskladnenie skvapalneného zemného plynu pri preprave. Z týchto lodí v súčasnosti stojí jedna viac než asi 230 miliónov USD. Typický konvenčný projekt na produkovanie skvapalneného zemného plynu na Strednom východe a jeho preprava na ďaleký východ vyžaduje 7 až 8 týchto lodí s celkovými nákladmi od asi 1,6 bilióna do 2 biliónov USD.

Ako môže byť determinované z vyššie uvedenej diskusie, existuje potreba ekonomickejšieho systému spracovania, skladovania a prepravovania skvapalneného zemného plynu na komerčné trhy, aby mohli byť vzdialené zdroje zemného plynu s alternatívnymi energetickými zásobami ukončované efektívnejšie. Ďalej, v systéme je potrebná komercializácia menej vzdialených zdrojov zemného plynu, ktorých rozvoj by bol inak neekonomický. Navyiac k tomu, ekonomickejší plynořikačný a distribučný systém je potrebný tak, aby skvapalnený zemný plyn mohol byť ekonomicky atraktívny pre menších odberateľov.

Podstata vynálezu

Následne, prvotným cieľom predkladaného vynálezu je uskutočnenie ekonomickejšieho systému pre spracovanie, skladovanie a prepravovanie skvapalneného zemného plynu zo vzdialených zdrojov na komerčné trhy a na v podstate redukovanie prahovej veľkosti rezervou a trhom požadovaných, pre vytvorenie projektu pre skvapalnený zemný plyn ekonomickejšie uskutočniteľným. Jedným spôsobom na dosiahnutie týchto cieľov je spracovanie skvapalneného zemného plynu pri vyšších tlakoch a teplotách než je vykonávané v konvenčnej výrobnnej jednotke pre skvapalnený zemný plyn, t.j. pri tlakoch vyšších než je atmosferický tlak a teplotách vyšších než -162°C (-260°F). Keďže všeobecný koncept spracovania, skladovania a prepravovania skvapalneného zemného plynu pri zvýšených tlakoch a teplotách bol diskutovaný v priemyselných publikáciách, v týchto publikáciách sú všeobecne diskutované konštrukčné prepravné kontajnery z nikel obsahujúcej ocele (napr. s 9 hmotn. % niklu) alebo z hliníka, z ktorých oba môžu spĺňať konštrukčné požiadavky, ale sú to veľmi drahé materiály. Napríklad, na str. 162-164 svojej knihy *NATURAL GAS BY SEA The Development of a New*

Technology, publikovanej Witherby & Co. Ltd., prvé vydanie 1979, druhé vydanie 1993, Roger Ffooks hovorí o konverzii lode Liberty *Sigalpa* pre prenášanie buď SPSP (pri stredných podmienkach skvapalneného plynu) pri 1380 kPa (200 psia) a -115°C (-175°F), alebo SZP (stlačeného zemného plynu) spracovaného pri 7935 kPa (1150 psia) a -60°C (-75°F). Pán Ffooks indikuje, že hoci technicky odskúšaný, žiaden z týchto dvoch konceptov nenašiel „kupcov“ – väčšinou pre vysoké náklady na skladovanie. Podľa článku o subjekte uvádzanom pánom Ffooksom pre servis stlačeného zemného plynu, t.j. pri -60°C (-75°F), cieľovou konštrukciou bola nízkolegovaná, zvariteľná, kalená a popúšťaná ocel s dobrou pevnosťou (760 MPa (110 ksi)) a dobrou tuhosťou pri lome pri operačných podmienkach. (viď „A New Process For the Transportation of Natural Gas“ od R.J. Broekera, International LNG Conference, Chicago, 1968.) Tento článok tiež indikuje, že zliatina legujúceho hliníka má najnižšiu cenu zlatiny pre servis pri stredných podmienkach skvapalneného plynu, t.j. pri veľmi nízkej teplote -115°C (-175°F). Pán Ffooks tiež na str. 164 uvádza „Ocean Phoenix Transport Design“, pracujúci pri veľmi nízkom tlaku 414 kPa (60 psia), s kontajnermi, ktoré môžu byť konštruované z ocele legovanej 9 hmotn. % niklu alebo legovanej hliníkom, a indikuje, opätovne, že koncept nemal dostatočné technické alebo finančné výhody, aby sa stal komercializovaným. Viď tiež: a) US patent 3 298 805, ktorý prerokováva použitie ocele s obsahom 9 % niklu alebo vysoko pevnostných zliatin s hliníkom pre vytvorenie kontajnerov pre prepravu stlačeného zemného plynu, a b) US patent 4 182 254, ktorý prerokováva nádrže z ocele s obsahom 9 % niklu alebo podobnej ocele pre prepravu skvapalneného zemného plynu pri teplotách od -100°C (-148°F) do -140°C (-220°F) a tlakoch od 4 do 10 atmosfér (t.j. 407 kPa (59 psia) do 1014 kPa (147 psia); c) US patent 3 232 725, ktorý prerokováva prepravovanie zemného plynu v hustej fáze jednofluidného stavu pri teplote nízkej ako -62°C (-80°F), alebo v niektorých prípadoch -68°C (-90°F), a pri tlakoch aspoň 34 kPa (50 psi) nad tlakom teploty varu plynu pri operačných teplotách, použitím kontajnerov konštruovaných z materiálov, ako je ocel s 1 až 2 percentami niklu, ktorá bola kalená a popúšťaná pre zaistenie výslednej pevnosti v ťahu dosahujúcej 120 000 psi; a d) „Marine Transportation of LNG at Intermediate Temperature“ CME Marec 1979, podľa C.P. Bennetta, ktoré prerokováva prípad štúdie prepravy skvapalneného zemného plynu pri tlaku 3,1 MPa (450 psi) a teplote -100°C (-140°F), použitím skladovacej nádrže konštruovanej z kalenej a popúšťanej ocele s 9 % niklu alebo 3 ½ % niklu a majúcej 9 ½ palca (23,75 cm) hrubé steny).

Hoci tieto koncepty sú prerokovávané v priemyselných publikáciách, podľa našich znalostí skvapalnený zemný plyn nie je bežne komerčne spracovaný, skladovaný a prepravovaný pri tlakoch v podstate vyšších než je atmosferický tlak a teplotách v podstate vyšších než -162°C (-260°F). Toto je pravdepodobne kvôli skutočnosti, že ekonomický systém spracovania, skladovania, prepravy a distribuovania skvapalneného zemného plynu pri takých tlakoch a teplotách po mori aj po pevnine nebol až doteraz komerčne možný.

Nikel obsahujúce ocele konvenčne používané pre konštrukčné aplikácie s kryogénnou teplotou, napr. ocele s obsahmi niklu väčšími než asi 3 hmotn. % majú nízke teploty prechodu tuhosti na krehkosť (miera tuhosti, ako bola tu definovaná), ale tiež majú relatívne nízke pevnosti v ťahu. Typicky, komerčne dostupné ocele s 3,5 hmotn. % niklu, 5,5 hmotn. % niklu a 9 hmotn. % niklu majú teploty prechodu tuhosti na krehkosť asi -100°C (-150°F), -155°C (-250°F) a -175°C (-280°F) a pevnosti v ťahu do asi 485 MPa (70 ksi), 620 MPa (90 ksi) a 830 MPa (120 ksi). Pre dosiahnutie týchto kombinácií pevnosti a tuhosti tieto ocele prechádzajú nákladným spracovaním, napr. dvojitým žíhaním. V prípade aplikácií s kryogénnou teplotou priemysel bežne používa tieto nikel obsahujúce ocele, pre ich dobrú tuhosť pri nízkych teplotách, ale musia byť konštruované okolo ich relatívne nízkych pevností v ťahu. Konštrukcie všeobecne vyžadujú extrémne hrúbky ocele pre zaťaženie nesúce aplikácie s kryogénnou teplotou. Teda použitie týchto nikel obsahujúcich ocelí v zaťaženie nesúcich aplikáciách s kryogénnou teplotou majú tendenciu byť drahé pre ich vysokú cenu ocele v kombinácii s požadovanou hrúbkou ocele.

Päť spolu prerokovaných US predbežných patentových prihlášok („patentových prihlášok týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného plynu“), nazvané „Improved System for Processing, Storing and Transporting Liquified Natural Gas“ popisujú kontajnery a tankerové lode pre skladovanie a prepravu po mori tlakového, skvapalneného zemného plynu (TSZP) pri tlaku v širokom rozmedzí od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote v širokom rozmedzí od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F). Posledná z uvedených patentových prihlášok týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného plynu má prioritu 14. mája 1998 a sú identifikované prihlasovateľom ako spis č. 97006P4 a US úradom pre patenty a vynálezy („USPTO“) ako číslo prihlášky 60/085467. Prvá z uvedených patentových prihlášok týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného

plynu má prioritu 20. júna 1997 a je identifikovaná USPTO ako číslo prihlášky 60/050280. Druhá z uvedených patentových prihlášok týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného plynu má prioritu 28. júla 1997 a je identifikovaná USPTO ako číslo prihlášky 60/053966. Tretia z uvedených patentových prihlášok týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného plynu má prioritu 19. decembra 1997 a je identifikovaná USPTO ako číslo prihlášky 60/068226. Štvrtá z uvedených patentových prihlášok týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného plynu má prioritu 30. marca 1998 a je identifikovaná USPTO ako číslo prihlášky 60/079904. Patentové prihlášky týkajúce sa tlakového, skvapalneného zemného plynu však nepopisujú systémy siete rozvodných potrubí pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu.

Skvapalnený zemný plyn a iné kryogénne kvapaliny, kvapalný kyslík, kvapalný vodík a kvapalné hélium sú obvykle prepravované zo zariadení centrálného spracovania do miest konečného užívateľa nákladnými autami. Kvapalný dusík je prepravovaný cez univerzitné areály a zariadenia, napríklad, prostredníctvom systémov siete rozvodných potrubí. Trh pre skvapalnený zemný plyn v posledných rokoch mimoriadne rastie z dôvodu vlastností čistého horenia zemného plynu. Hoci zemný plyn je normálne dodávaný prostredníctvom systému istí rozvodných potrubí, podľa našich znalostí súčasne nie sú žiadne komerčné systémy siete rozvodných potrubí pre tlakový, skvapalnený zemný plyn. Dodávanie produkovaného zemného plynu vo forme tlakového, skvapalneného zemného plynu pri porovnaní so skvapalneným zemným plynom môže byť prínosové pre konečného užívateľa, pretože tlakový, skvapalnený zemný plyn je ekonomickejšie spracovaný za predpokladu, že sú dosiahnuteľné ekonomické prostriedky pre prepravovanie a dodávanie tlakového zemného plynu. Ďalej, pri porovnaní so skvapalneným zemným plynom sa vyššia kvapalná hustota tlakového, skvapalneného zemného plynu premieta do vyššej hmotnosti alebo energie produktu pre daný objem.

Uhlíkové ocele, ktoré sú bežne používané na konštrukciu komerčných systémov siete rozvodných potrubí pre kvapaliny ako je zemný plyn, ktoré nemajú adekvátnu tuhosť pri lome pri kryogénnych teplotách, t.j. teplotách nižších než asi -40°C (-40°F). Ďalšie materiály s lepšou tuhosťou pri lome pri kryogénnej teplote než uhlíková ocel', napr. vyššie uvedené nikel obsahujúce ocele (s 3 ½ hmotn. % niklu až 9 hmotn. % niklu) s pevnosťami v ťahu do asi 830 MPa (120 ksi), hliníková (Al-5083 alebo Al-5085) alebo nehrdzavejúca ocel' sú tradične používané na konštrukciu

systémov siete rozvodných potrubí, ktoré sú vystavené podmienkam s kryogénnou teplotou. Taktiež môžu byť použité špeciálne materiály, ako sú titánové zliatiny a špeciálne epoxy-impregnované kompozity tkaných sklenených vlákien. Tieto materiály majú tendenciu byť drahé a často môžu robiť projekt ekonomicky neatraktívnym. Tieto nevýhody robia súčasne komerčne dostupné materiály ekonomicky neatraktívnymi pre konštruovanie systémov siete rozvodných potrubí pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu. Objavenie kontajnerov vhodných pre prepravu tlakového, skvapalneného zemného plynu po mori, ako bolo prerokovávané v patentových prihláškach týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného plynu, v kombinácii so súčasnou schopnosťou spracovania tlakového, skvapalneného zemného plynu, robí eminentnou potrebu systémov siete rozvodných potrubí pre ekonomicky atraktívne prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu po pevnine, rovnako aj pre skvapalnený zemný plyn a iné kryogénne kvapaliny.

Dosiahnuteľnosť nákladovo efektívnejšieho zdroja zemného plynu prepravovaného a distribuovaného vo forme kvapaliny by zabezpečilo významné zvýšenie možnosti využívania zemného plynu ako zdroja paliva. Nasledujú stručné popisy existujúcich a vznikajúcich sa aplikácií, ktoré používajú zemný plyn na energiu a ktoré by boli prínosom výrazne pre dosiahnuteľnosť ekonomickejšieho systému pre prepravu a dodávanie zemného plynu po pevnine, ako sú systémy siete rozvodných potrubí.

Skvapalnený zemný plyn je obvykle prepravovaný nákladnými autami do vzdialených miest s potrebou palív tam, kde neexistuje infraštruktúra pre distribúciu zemného plynu. Navyše, miestne podmienky sú stále viac vytvárajúce prepravovaný skvapalnený zemný plyn konkurencieschopnou ekonomickou alternatívou pre potreby plynu u niektorých hlavných energetických projektov. Aljašská plynárenská spoločnosť navrhla projekt s 200 miliónmi USD pre vzdialené systémy skvapalneného zemného plynu so základným zaťažením v sedemnástich komunitách v juhovýchodnej Aljaške. Spoločnosť tiež očakáva prepravovanie skvapalneného zemného plynu 300 míľ od skvapalňovacej výrobnéj jednotky na Cook Inlet do Fairbanks začínajúc od novembra 1997. Vo východnej Arizone nedávna realizačná štúdia ukázala, že vzdialené prírodné zariadenia skvapalneného zemného plynu so základným zaťažením môžu ponúknuť atraktívne riešenie energie s nízkymi nákladmi pre množstvo izolovaných komunit bez súčasného prístupu k potrubiam plynu. Tieto

predstavujú nové trendy vo veľko-objemovom prepravovaní skvapalneného zemného plynu a spôsob zachádzania s potenciálom pre podstatný rast, najmä so zlepšenou ekonomikou prepravného systému. Vznikajúca technológia skvapalneného zemného plynu môže vytvoriť ekonomicky uskutočniteľným použitie tlakového, skvapalneného zemného plynu ako paliva v týchto a podobných aplikáciách po pevnine, ak sú dosiahnuteľné ekonomickejšie prostriedky prepravovania tlakového, skvapalneného zemného plynu po pevnine, ako sú systémy siete rozvodných potrubí.

Ďalej, je zvyšujúci nárast použitia „prenosného potrubia“ prepravujúceho systémy skvapalneného zemného plynu / vyparovača pre udržovanie kontinuálneho neprerušovaného prívodu plynu. Toto je pre pomoc plynárenským spoločnostiam vyhnúť sa prerušeniu servisu a pre stály tok zemného plynu k odberateľom počas období vrcholných požiadaviek, ako sú chladné zimné dni, nepredvídané okolnosti pre poškodenie trubky pod zemou, udržovanie systému plynu atď. V závislosti na konkrétnej aplikácii môže byť vyparovač skvapalneného zemného plynu inštalovaný alebo umiestnený na strategickom bode rozvodného systému zemného plynu a keď to operačné podmienky zaručia, zavedené sú tankery skvapalneného zemného plynu pre zabezpečenie skvapalneného zemného plynu, ktorý je vyparovaný. Súčasne, podľa našich znalostí, nie sú žiadne komerčné systémy siete rozvodných potrubí tlakového, skvapalneného zemného plynu pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu, namiesto skvapalneného zemného plynu, do takého vyparovača pre zaistenie dodatočného plynu počas vrcholných požiadaviek.

Konečne, sú projekcie, u ktorých niekoľko súčasných a budúcich hlavných importérov skvapalneného zemného plynu v Ázii ponúka najväčšie použitie potenciálu skvapalneného zemného plynu ako nositeľa paliva (viac než 20 % importérov). Systém siete rozvodných potrubí skvapalneného zemného plynu do doplňovacích staníc môže byť najatraktívnejšou ekonomickou voľbou v závislosti na miestnych podmienkach. Obzvlášť pri absencii existujúcej infraštruktúry pre rozvod plynu nákladovo efektívny projekt systému rozvodných potrubí môže urobiť distribúciu tlakového, skvapalneného zemného plynu atraktívnejšou a ekonomickejšou alternatívou.

Existuje potreba ekonomických systémov siete rozvodných potrubí pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pre umožnenie dokončiť vzdialené zdroje zemného plynu efektívnejšie s alternatívnymi prívodmi energie.

Potom, konkrétnym cieľom predkladaného vynálezu je uskutočniť ekonomické systémy siete rozvodných potrubí pre distribúciu skvapalneného zemného plynu pri v podstate zvýšených tlakoch a teplotách než sú u konvenčných systémoch skvapalneného zemného plynu. Ďalším cieľom predkladaného vynálezu je uskutočniť také systémy siete rozvodných potrubí, ktoré majú trubky a iné zložky konštruované z materiálov majúcich zodpovedajúcu pevnosť tuhosť pri lome takú, aby mohli obsahovať uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn.

V súlade s vyššie uvedenými cieľmi predkladaného vynálezu sú systémy siete rozvodných potrubí uskutočnené pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu (TSZP) pri tlaku v rozmedzí od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a teplote v rozmedzí od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F). Systémy siete rozvodných potrubí podľa tohto vynálezu majú trubky a ďalšie zložky konštruované z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúcu zodpovedajúcu pevnosť a tuhosť pri lome, aby mohli obsahovať tlakový, skvapalnený zemný plyn. Ocel má veľmi vysokú pevnosť, napr. pevnosť v ťahu (ako tu bolo definované) väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a teplotu prechodu tuhosti na krehkosť (ako tu bolo definované) nižšiu než asi -73°C (-100°F).

Prehľad obrázkov na výkresoch

Výhody predkladaného vynálezu budú lepšie pochopené s odkazom na nasledujúci podrobný popis a priložené výkresy, na ktorých:

Obr. 1 schematicky zobrazuje systém siete rozvodných potrubí podľa predkladaného vynálezu.

Obr. 2A zobrazuje graf kritickej hĺbky trhliny, pre danú dĺžku trhliny, ako funkciu PKOT (posunutia konca otvoru trhliny) tuhosti pri lome a vnútorného napätia; a

Obr. 2B zobrazuje geometriu (dĺžku a hĺbku) trhliny.

Keďže vynález bude popísaný v spojitosti s prednostnými uskutočneniami, je zrejmé, že vynález nie je týmto limitovaný. Naopak, vynález je uvažovaný tak, že pokrýva všetky alternatívy, modifikácie a ekvivalenty, ktoré môžu byť zahrnuté v rámci ducha a rozsahu vynálezu, ako je definovaný priloženými nárokmi.

Podrobný popis vynálezu

Predkladaný vynález sa týka systémov siete rozvodných potrubí pre prepravu tlakového, skvapalneného zemného plynu. Systémy siete rozvodných potrubí sú uskutočnené pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu (TSZP) pri tlaku od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 kPa) a teplote od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F), pričom systémy siete rozvodných potrubí majú trubky a ďalšie zložky konštruované z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúcu pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a teplotu prechodu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F). Ďalej, systémy siete rozvodných potrubí sú uskutočnené pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pri tlaku od asi 1725 kPa (250 psia) do asi 4830 kPa (700 psia) a teplote os asi -112°C (-170°F) do asi -79°C (-110°F), pričom systémy siete rozvodných potrubí majú trubky a ďalšie zložky, ktoré a) sú konštruované z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a b) majú zodpovedajúcu pevnosť a tuhosť pri lome, aby obsahovali uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn.

Trubky pre prepravu tlakového, skvapalneného zemného plynu

Kľúčom na dosiahnutie systémov siete rozvodných potrubí podľa predkladaného vynálezu sú trubky vhodné pre obsahovanie a prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pri tlaku od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a teplote od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F). Prednostne je tlakový, skvapalnený zemný plyn produkovaný a prepravovaný pri tlaku v rozmedzí od asi 1725 kPa (250 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a teplote v rozmedzí od asi -112°C (-170°F) do asi -62°C (-80°F). Prednostnejšie je tlakový, skvapalnený zemný plyn produkovaný a prepravovaný pri tlaku v rozmedzí od asi 2415 kPa (350 psia) do asi 4830 kPa (700 psia) a teplote v rozmedzí od asi -101°C (-150°F) do asi -79°C (-110°F). Snáď viac prednostnejšie sú dolné hranice rozmedzí tlaku a teploty tlakového, skvapalneného zemného plynu asi 2760 kPa (400 psia) a asi -96°C (-140°F). Trubka je uskutočnená tak, aby obsahovala a prepravovala tlakový, skvapalnený zemný plyn, pričom uvedená trubka je konštruovaná z materiálu zahrňujúceho veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúcu pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a teplotu

prechodu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F). Naviac, sú uskutočnené ďalšie zložky systému, ako sú tvarovky, pričom uvedené tvarovky sú konštruované z materiálu zahrňujúceho veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúce pevnosť v ťahu väčšiu než 83 MPa (120 ksi) a teplotu prechodu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F). Skladovacie kontajnery pre použitie v systémoch siete rozvodných potrubí podľa tohto vynálezu sú popísané oveľa podrobnejšie vo vyššie uvedených patentových prihláškach týkajúcich sa tlakového, skvapalneného zemného plynu.

Ocel' pre konštrukciu trubiek a ďalších zložiek

Pre konštruovanie trubiek a ďalších zložiek podľa tohto vynálezu môže byť použitá akákoľvek veľmi vysoko pevnostná, nízkolegovaná ocel' obsahujúca menej než 9 hmotn. % niklu a majúca zodpovedajúcu tuhosť pre obsahovanie kvapalín s kryogénnou teplotou, ako je tlakový, skvapalnený zemný plyn, pri operačných podmienkach podľa známych princípov mechaniky lomu, ako tu bola popísaná. Príkladová ocel' pre použitie v predkladanom vynáleze, bez obmedzenia tohto vynálezu, je zvariteľná, ultra vysoko pevnostná, nízkolegovaná ocel' obsahujúca menej než 9 hmotn. % niklu a majúca pevnosť v ťahu väčšiu než 83 MPa (120 ksi) a zodpovedajúcu tuhosť na zabránenie vzniku lomu, t.j. poškodeniu, pri operačných podmienkach s kryogénnou teplotou. Ďalšou príkladovou ocel'ou pre použitie v predkladanom vynáleze, bez obmedzenia tohto vynálezu, je zvariteľná, veľmi vysoko pevnostná, nízkolegovaná ocel' obsahujúca menej než 3 hmotn. % niklu a majúca pevnosť v ťahu minimálne asi 1000 MPa (145 ksi) a zodpovedajúcu tuhosť na zabránenie vzniku lomu, t.j. poškodeniu, pri operačných podmienkach s kryogénnou teplotou. Prednostne tieto príkladové ocele majú teploty prechodu tuhosti na krehkosť nižšie než asi -73°C (-100°F).

Posledné napredovania v technológii ocele umožňujú výrobu nových veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocelí s vynikajúcou tuhosťou pri kryogénnej teplote. Napríklad, tri US patenty vydané pre Koo et al., 5 531 842, 5 545 269 a 5 545 270 popisujú nové ocele a spôsoby spracovania týchto ocelí pre výrobu ocel'ových plechov s pevnosťou v ťahu asi 830 MPa (120 ksi), 965 MPa (140 ksi) a vyššou. Ocele a spôsoby spracovania tu popísané zdokonalené a modifikované pre zabezpečenie kombinovanej chémie ocele a spracovania pre výrobu veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocelí s vynikajúcou tuhosťou pri kryogénnej

teplote súčasne v základnej oceli a v teplom ovplyvnenom pásme (TOP) pri zváraní. Tieto veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocele majú tiež zlepšenú tuhosť nad štandardné komerčne dostupné veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocele. Zdokonalené ocele sú popísané v spolu prerokovávanej US predbežnej patentovej prihláške nazvanej „Ultra-High Strength Steels With Excellent Cryogenic Temperature Toughness“, ktorá má prioritu 19. decembra 1997 a je identifikovaná US úradom pre patenty a ochranné známky (USPTO) ako číslo prihlášky 60/068194; v spolu prerokovávanej US predbežnej prihláške nazvanej „Ultra-High Strength Ausaged Steels With Excellent Cryogenic Temperature Toughness“, ktorá má prioritu 19. decembra 1997 a je identifikovaná US úradom pre patenty a ochranné známky ako číslo prihlášky 60/068252; a v spolu prerokovávanej US predbežnej patentovej prihláške nazvanej „Ultra-High Strength Dual Phase Steels With Excellent Cryogenic Temperature Toughness“, ktorá má prioritu 19. decembra 1997 a je identifikovaná US úradom pre patenty a ochranné známky ako číslo prihlášky 60/068816. (súhrnne „Patentové prihlášky pre ocel“).

Nové ocele popísané v patentových prihláškach pre ocel' a ďalej popísané v príkladoch nižšie, sú mimoriadne vhodné na konštruovanie kontajnerov pre skladovanie a prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu podľa tohto vynálezu tým, že tieto ocele majú nasledujúce charakteristiky, prednostne pre hrúbku ocel'ového plechu asi 2,5 cm (1 palec) a : a) teplota prechodu tuhosti na krehkosť je nižšia než asi -73°C (-100°F), prednostne nižšia než asi -107°C (-160°F) v základnej oceli a v teplom ovplyvnenom pásme zvárania; b) pevnosť v ťahu je väčšia než 830 MPa (120 ksi), prednostne väčšia než asi 860 MPa (125 ksi) a prednostnejšie väčšia než asi 900 MPa (130 ksi); c) vyššia zvariteľnosť; d) v podstate jednotná mikroštruktúra v hrúbke a jednotné vlastnosti; a e) zlepšená tuhosť nad štandardné, komerčne dostupné, veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocele. Snáď najprednostnejšie majú tieto ocele pevnosť v ťahu väčšiu než asi 930 MPa (135 ksi) alebo väčšiu než asi 965 MPa (140 ksi) alebo väčšiu než asi 1000 MPa (145 ksi).

Príklady uskutočnenia vynálezu

Prvý príklad ocele

Ako bolo diskutované vyššie, spolu prerokovávaná US predbežná patentová prihláška majúca prioritu 19. decembra 1997 nazvaná „Ultra-High Strength Steels With Excellent Cryogenic Temperature Toughness“ a identifikovaná USPTO ako

číslo prihlášky 60/068194 uskutočňuje popis ocelí vhodných pre použitie v predkladanom vynáleze. Spôsob je uskutočnený pre prípravu veľmi vysoko pevnostného ocelového plechu majúceho mikroštruktúru zahrňujúcu prevažne popúšťaný jemnozrnný ľaťový martenzit, popúšťaný jemnozrnný nižší bainit, alebo ich zmesi, vyznačujúci sa tým, že tento spôsob zahrňuje krok a) ohrievania ocelovej dosky na teplotu opakovaného ohrievania dostatočne vysokú na i) v podstate homogenizovanie ocelovej dosky, ii) rozpustenie v podstate všetkých karbidov a karbonitridov nióbu a vanádu v ocelovej doske a iii) získanie jemných východiskových austenitových zŕn v ocelovej doske; b) redukovania ocelovej dosky pre vytvorenie ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch valcovania za tepla v prvom teplotnom rozmedzí, v ktorom austenit rekryštalizuje; c) ďalšieho redukovania ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch valcovania za tepla v druhom teplotnom rozmedzí pod asi T_{nr} teplotou a nad asi A_3 transformačnou teplotou; d) kalenia ocelového plechu pri chladiacej rýchlosti asi 10°C za sekundu do asi 40°C za sekundu (18°F/s - 72°F/s) po teplotu zastavenia kalenia pod asi M_s transformačnou teplotou plus 200°C (360°F); e) zastavenia kalenia; a f) popúšťania ocelového plechu pri teplote popúšťania od asi 400°C (752°F) do asi A_{c1} transformačnú teplotu, prednostne do, ale nie vrátane, A_{c1} transformačnú teplotu, po dobu dostatočnú, aby spôsobila zrazeninu kaliacich častíc, t.j. jednej alebo viacerých z ϵ -medi, Mo_2C alebo karbidov a karbonitridov nióbu a vanádu. Doba dostatočná pre spôsobenie zrazenia kaliacich častíc závisí primárne na hrúbke ocelového plechu, chémia ocelového plechu a teplota popúšťania a môže byť determinovaná osobou vzdelanou v stave techniky. (viď v Slovníku definícií prevažne kaliace častice, T_{nr} teplotu, A_{r3} , M_s , A_{c1} transformačné teploty a Mo_2C).

Pre zaistenie tuhých ocelí pri okolitej a kryogénnej teplote podľa tohto prvého príkladu ocele majú prednostne mikroštruktúru, ktorá zahrňuje prevažne popúšťaný jemnozrnný nižší bainit, popúšťaný jemnozrnný ľaťový martenzit, alebo ich zmesi. Je to preferované pre v podstate minimalizovanie vytvorenia krehkých zložiek, ako je vyšší bainit, zdvojený martenzit a MA. Ako je použité v prvom príklade ocele a v patentových nárokoch „prevažne“ znamená aspoň asi 50 objemových percent. Prednostnejšie táto mikroštruktúra zahrňuje aspoň asi 60 objemových percent až asi 80 objemových percent popúšťaného jemnozrnného nižšieho bainitu, popúšťaného jemnozrnného ľaťového martenzitu, alebo ich zmesi. Snáď viac prednostnejšie táto

mikroštruktúra zahrňuje aspoň asi 90 objemových percent popúšťaného jemnozrnného nižšieho bainitu, popúšťaného jemnozrnného ľatového martenzitu, alebo ich zmesi. Najprednostnejšie táto mikroštruktúra zahrňuje v podstate 100 % popúšťaného jemnozrnného ľatového martenzitu.

Oceľová doska spracovaná podľa prvého príkladu ocele je vyrobená v obvyklom tvare a v jednom uskutočnení zahrňuje železo a nasledujúce zliatinové prvky, prednostne v hmotnostnom rozmedzí indikovanom v nasledujúcej Tabuľke I:

Tabuľka I

Zliatinový prvok	Rozmedzie (hmotn. %)
uhlík (C)	0,04 – 0,12, prednostnejšie 0,04 – 0,07
mangán (Mn)	0,5 – 2,5, prednostnejšie 1,0 – 1,8
nikel (Ni)	1,0 – 3,0, prednostnejšie 1,5 – 2,5
meď (Cu)	0,1 – 1,5, prednostnejšie 0,5 – 1,0
molybdén (Mo)	0,1 – 0,8, prednostnejšie 0,2 – 0,5
niób (Nb)	0,02 – 0,1, prednostnejšie 0,03 – 0,05
titán (Ti)	0,008 – 0,03, prednostnejšie 0,01 – 0,02
hliník (Al)	0,001 – 0,05, prednostnejšie 0,005 – 0,03
dusík (N)	0,001 – 0,005, prednostnejšie 0,002 – 0,003

Niekedy je pridaný do ocele vanád (V), prednostne do asi 0,10 hmotn. % a prednostnejšie asi 0,02 hmotn. % až asi 0,05 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaný chróm (Cr), prednostne do asi 1,0 hmotn. %, prednostnejšie asi 0,2 hmotn. % až asi 0,6 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaný kremík (Si), prednostne do asi 0,5 hmotn. %, prednostnejšie asi 0,01 hmotn. % až asi 0,5 hmotn. %, snáď najprednostnejšie asi 0,05 hmotn. % až asi 0,1 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaný bór (B), prednostne do asi 0,0020 hmotn. % a prednostnejšie asi 0,0006 hmotn. % až asi 0,0010 hmotn. %.

Oceľ prednostne obsahuje najmenej asi 1 hmotn. % niklu. Obsah niklu v oceli môže byť zvýšený nad asi 3 hmotn. %, ak je žiadúce zlepšiť prevedenie po zvaraní. Každé 1 hmotn. % ďalej pridaného niklu znižuje teplotu prechodu tuhosti na krehkosť ocele asi o 10°C (18°F). Obsah niklu je prednostne menší než 9 hmotn. %, prednostnejšie menší než asi 6 hmotn. %. Obsah niklu je prednostne

minimalizovaný pre minimalizovanie nákladov ocele. Ak je zvýšený obsah niklu nad asi 3 hmotn. %, obsah mangánu sa môže znížiť pod asi 0,5 hmotn. % až na 0,0 hmotn. %. Potom, v širšom zmysle, je preferované do asi 2,5 hmotn. % mangánu.

Ďalej sú rezíduá v podstate v oceli minimalizované. Obsah fosforu (P) je prednostne menší než asi 0,01 hmotn. %. Obsah síry (S) je prednostne menší než asi 0,004 hmotn. %. Obsah kyslíka (O) je prednostne menší než asi 0,002 hmotn. %.

O niečo podrobnejšie je ocel' podľa tohto prvého príkladu ocele pripravená vytvorením dosky požadovanej kompozície, ako je tu popísané; ohrievaním dosky na teplotu od asi 955°C do asi 1065°C (3175°F – 1950 °F); valcovaním dosky za tepla pre vytvorenie ocel'ového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch uskutočňujúcim asi 30 percent až asi 70 percent redukcie v prvom teplotnom rozmedzí, v ktorom austenit rekryštalizuje, t.j. nad asi T_{nr} teplotou, a ďalej valcovaním ocel'ového plechu za tepla v jednom alebo viacerých prechodoch uskutočňujúcim asi 40 percent až asi 80 percent redukcie v druhom teplotnom rozmedzí pod asi T_{nr} teplotou a nad asi A_{r3} transformačnou teplotou. Ocel'ový plech valcovaný za tepla je potom kalený pri chladiacej rýchlosti asi 10°C za sekundu až asi 40°C za sekundu (18°F - 72°F) na asi teplotu zastavenia kalenia (ako je definovaná v Slovníku) pod asi M_s transformačnú teplotu plus 200°C (360°F), kedy je kalenie ukončené. V jednom uskutočnení tohto prvého príkladu ocele je potom ocel'ový plech chladený vzduchom na teplotu okolia. Toto spracovanie je použité na produkovanie mikroštruktúry prednostne zahrňujúcej prevažne jemnozrný laťový martenzit, jemnozrný nižší bainit, alebo ich zmesi, alebo prednostnejšie zahrňujúcej v podstate 100 % jemnozrného laťového martenzitu.

Takto priamo kalený martenzit v oceliach podľa tohto prvého príkladu ocele má vysokú pevnosť, ale jeho tuhosť môže byť zlepšená popúšťaním pri vhodnej teplote od asi 400°C (3752°F) po asi A_{c1} transformačnú teplotu. Popúšťanie ocele v rámci tohto teplotného rozsahu tiež vedie k redukcii kaliaceho napätia, ktoré obratom vedie k zvýšenej tuhosti. Keďže popúšťanie môže zvýšiť tuhosť ocele, normálne to vedie k podstatnej strate pevnosti. V predkladanom vynáleze je obvyklá strata pevnosti pri popúšťaní vyrovnaná indukovaním kalenia disperzie zrazeniny. Kalenie disperzie z jemnej zrazeniny medi a zmiešaných karbidov a/alebo karbonitridov sa využíva na optimalizáciu pevnosti a tuhosti pri popúšťaní štruktúry martenzitu. Jednoznačná chémia ocelí tohto prvého príkladu ocele umožňuje popúšťanie v rámci širokého rozmedzia od asi 400°C do asi 650°C (750°F - 1200°F) bez akejkol'vek výraznej

straty pevnosti, ktorá bola po kalení. Ocelový plech je prednostne popúšťaný pri teplote popúšťania nad asi 400°C (752°F) až pod A_{c1} transformačnú teplotu počas doby dostatočnej pre spôsobenie zrazenia kaliacich častíc (ako tu bolo definované). Toto spracovanie umožňuje transformáciu mikroštruktúry ocelového plechu na prevažne popúšťaný jemnozrnný ľatový martenzit, popúšťaný jemnozrnný nižší bainit, alebo ich zmesi. Opätovne, doba dostatočná pre spôsobenie zrazenia kaliacich častíc závisí primárne na hrúbke ocelového plechu, chémii ocelového plechu a teplote popúšťania, a môže byť determinovaná osobou vzdelanou v stave techniky.

Druhý príklad ocele

Ako bolo diskutované vyššie, spolu prerokovávaná US predbežná patentová prihláška majúca prioritu 19. decembra 1997 nazvaná „Ultra-High Strength Ausaged Steels With Excellent Cryogenic Temperature Toughness“ a identifikovaná USPTO ako číslo prihlášky 60/068252 uskutočňuje popis ďalších ocelí vhodných pre použitie v predkladanom vynáleze. Spôsob je uskutočnený pre prípravu veľmi vysoko pevnostného ocelového plechu majúceho mikrolaminátovú mikroštruktúru zahrňujúcu asi 2 objem. % až asi 10 objem. % tenkých vrstvičiek austenitu a asi 90 objem. % až asi 98 objem. % late prevažne jemnozrnného martenzitu a jemnozrnného nižšieho bainitu, uvedený spôsob zahrňuje krok: a) ohrievania ocelovej dosky na teplotu opakovaného ohrievania dostatočne vysokú na i) v podstate homogenizovanie ocelovej dosky, ii) rozpustenie v podstate všetkých karbidov a karbonitridov nióbu a vanádu v ocelovej doske a iii) získanie jemných východiskových austenitových zŕn v ocelovej doske; b) redukovania ocelovej dosky pre vytvorenie ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch valcovania za tepla v prvom teplotnom rozmedzí, v ktorom austenit rekryštalizuje; c) ďalšieho redukovania ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch valcovania za tepla v druhom teplotnom rozmedzí pod asi T_{nr} teplotou a nad asi A_3 transformačnou teplotou; d) kalenia ocelového plechu pri chladiacej rýchlosti asi 10°C za sekundu do asi 40°C za sekundu (18°F/s - 72°F/s) na teplotu zastavenia kalenia pod asi M_s transformačnou teplotou plus 100°C (180°F) a nad asi M_s transformačnou teplotou; a e) zastavenia uvedeného kalenia. V jednom uskutočnení spôsob tohto druhého príkladu ocele ďalej zahrňuje krok chladenia ocelového plechu vzduchom z teploty zastavenia kalenia na teplotu okolia. V ďalšom uskutočnení

spôsob tohto druhého príkladu ocele ďalej zahrňuje krok udržiavanie ocelového plechu v podstate izotermicky na teplote zastavenia kalenia po dobu do asi 5 minút pred chladením ocelového plechu vzduchom na teplotu okolia. V ešte ďalšom uskutočnení spôsob tohto druhého príkladu ocele ďalej zahrňuje krok pomalého chladnutia ocelového plechu z teploty zastavenia kalenia s rýchlosťou nižšou než asi 1°C za sekundu ($1,8^{\circ}\text{F/s}$) do asi 5 minút pred chladením ocelového plechu vzduchom na teplotu okolia. V ešte ďalšom uskutočnení spôsob podľa tohto vynálezu ďalej zahrňuje krok pomalého chladenia ocelového plechu z teploty zastavenia kalenia s rýchlosťou nižšou než 1°C ($1,8^{\circ}\text{F/s}$) do asi 5 minút pred chladením ocelového plechu vzduchom na teplotu okolia. Toto spracovanie umožňuje transformáciu mikroštruktúry ocelového plechu na asi 2 objem. % až asi 10 objem. % tenkej vrstvičky austenitu a si 90 objem. % až asi 98 objem. % late prevažne jemnozrnného martenzitu a jemnozrnného nižšieho bainitu. (viď v Slovníku definícií T_{tr} teplota a A_{r_3} a M_{s} transformačné teploty).

Pre zaistenie tuhosti pri okolitej a kryogénnej teplote late v mikrolaminátovej mikroštruktúre prednostne zahrňujú prevažne nižší bainit alebo martenzit. Je to preferované pre v podstate minimalizovanie vytvorenia krehkých zložiek, ako je vyšší bainit, zdvojený martenzit a MA. Ako je použité v druhom príklade ocele a v patentových nárokoch „prevažne“ znamená aspoň asi 90 objemových percent. Zostatok mikroštruktúry môže zahrňovať ďalší jemnozrnný nižší bainit, ďalší jemnozrnný laťový martenzit, alebo ferit. Prednostnejšie táto mikroštruktúra zahrňuje aspoň asi 60 objemových percent až asi 80 objemových percent nižšieho bainitu alebo laťového martenzitu. Snáď viac prednostne mikroštruktúra zahrňuje aspoň asi 90 objemových percent nižšieho baintiu alebo laťového martenzitu.

Ocelová doska spracovaná podľa druhého príkladu ocele je vyrobená v obvyklom tvare a v jednom uskutočnení zahrňuje železo a nasledujúce zliatinové prvky, prednostne v hmotnostnom rozmedzí indikovanom v nasledujúcej Tabuľke II:

Tabuľka II

Zliatinový prvok	Rozmedzie (hmotn. %)
uhlík (C)	0,04 – 0,12, prednostnejšie 0,04 – 0,07
mangán (Mn)	0,5 – 2,5, prednostnejšie 1,0 – 1,8
nikel (Ni)	1,0 – 3,0, prednostnejšie 1,5 – 2,5
meď (Cu)	0,1 – 1,0, prednostnejšie 0,2 – 0,5

molybdén (Mo)	0,1 – 0,8, prednostnejšie 0,2 – 0,4
niób (Nb)	0,02 – 0,1, prednostnejšie 0,02 – 0,05
titán (Ti)	0,008 – 0,03, prednostnejšie 0,01 – 0,02
hliník (Al)	0,001 – 0,05, prednostnejšie 0,005 – 0,03
dusík (N)	0,002 – 0,005, prednostnejšie 0,002 – 0,003

Niekedy je do ocele pridaný chróm (Cr), prednostne do asi 1,0 hmotn. %, prednostnejšie asi 0,2 hmotn. % až asi 0,6 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaný kremík (Si), prednostne do asi 0,5 hmotn. %, prednostnejšie asi 0,01 hmotn. % až asi 0,5 hmotn. %, snáď najprednostnejšie asi 0,05 hmotn. % až asi 0,1 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaný bór (B), prednostne do asi 0,0020 hmotn. % a prednostnejšie asi 0,0006 hmotn. % až asi 0,0010 hmotn. %.

Oceľ prednostne obsahuje najmenej asi 1 hmotn. % niklu. Obsah niklu v oceli môže byť zvýšený nad asi 3 hmotn. %, ak je žiadúce zlepšiť prevedenie po zvaraní. Každé 1 hmotn. % ďalej pridaného niklu znižuje teplotu prechodu tuhosti na krehkosť ocele asi o 10°C (18°F). Obsah niklu je prednostne menší než 9 hmotn. %, prednostnejšie menší než asi 6 hmotn. %. Obsah niklu je prednostne minimalizovaný pre minimalizovanie nákladov ocele. Ak je zvýšený obsah niklu nad asi 3 hmotn. %, obsah mangánu sa môže znížiť pod asi 0,5 hmotn. % až na 0,0 hmotn. %. Potom, v širšom zmysle, je preferované do asi 2,5 hmotn. % mangánu.

Ďalej sú rezíduá v podstate v oceli minimalizované. Obsah fosforu (P) je prednostne menší než asi 0,01 hmotn. %. Obsah síry (S) je prednostne menší než asi 0,004 hmotn. %. Obsah kyslíka (O) je prednostne menší než asi 0,002 hmotn. %.

O niečo podrobnejšie je oceľ podľa tohto druhého príkladu ocele pripravená vytvorením dosky požadovanej kompozície, ako je tu popísané; ohrievaním dosky na teplotu od asi 955°C do asi 1065°C (3175°F – 1950 °F); valcovaním dosky za tepla pre vytvorenie ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch uskutočňujúcim asi 30 percent až asi 70 percent redukcie v prvom teplotnom rozmedzí, v ktorom austenit rekryštalizuje, t.j. nad asi T_{nr} teplotou, a ďalej valcovaním ocelového plechu za tepla v jednom alebo viacerých prechodoch uskutočňujúcim asi 40 percent až asi 80 percent redukcie v druhom teplotnom rozmedzí pod asi T_{nr} teplotou a nad asi A_{r3} transformačnou teplotou. Ocelový plech valcovaný za tepla je potom kalený pri chladiacej rýchlosti asi 10°C za sekundu až

asi 40°C za sekundu (18°F - 72°F) na vhodnú teplotu zastavenia kalenia pod asi M_s transformačnú teplotu plus 100°C (180°F) a nad asi M_s transformačnú teplotu, kedy je kalenie ukončené. V jednom uskutočnení tohto druhého príkladu ocele po ukončení kalenia je ocelový plech chladený vzduchom z teploty zastavenia kalenia na teplotu okolia. V ďalšom uskutočnení druhého príkladu ocele po ukončení kalenia je ocelový plech udržiavaný v podstate izotermicky na teplote zastavenia kalenia po dobu, prednostne do asi 5 minút, a potom je chladený vzduchom na teplotu okolia. V ešte ďalšom uskutočnení je ocelový plech pomaly chladený s rýchlosťou nižšou než je pri chladení vzduchom, t.j. s rýchlosťou nižšou než asi 1°C za sekundu (1,8°F), prednostne do asi 5 minút. V ešte ďalšom uskutočnení je ocelový plech pomaly chladený z teploty zastavenia kalenia s rýchlosťou nižšou než je pri chladení vzduchom, t.j. s rýchlosťou nižšou než asi 1°C (1,8°F), prednostne do asi 5 minút. V aspoň jednom uskutočnení tohto druhého príkladu ocele je M_s transformačná teplota asi 350°C (662°F) a potom M_s transformačná teplota plus 100°C (180°F) je asi 450°C (842°F).

Toto spracovanie je použité na produkovanie mikroštruktúry prednostne zahrňujúcej prevažne jemnozrnný laťový martenzit, jemnozrnný nižší bainit, alebo ich zmesi, alebo prednostnejšie zahrňujúcej v podstate 100 % jemnozrnného laťového martenzitu.

Ocelový plech môže byť udržiavaný v podstate izotermicky na teplote zastavenia kalenia akýmikoľvek vhodnými prostriedkami, ktoré sú známe osobám vzdelaným v stave techniky, ako je umiestnenie tepelného pot'ahu na ocelový plech. Ocelový plech môže byť pomaly chladený akýmikoľvek vhodnými prostriedkami, ktoré sú známe osobám vzdelaným v stave techniky, ako je umiestnenie izolačného pot'ahu na ocelový plech.

Tretí príklad ocele

Ako bolo diskutované vyššie, spolu prerokovávaná US predbežná patentová prihláška majúca prioritu 19. decembra 1997 nazvaná „Ultra-High Strength Dual Phase Steels With Excellent Cryogenic Temperature Toughness“ a identifikovaná USPTO ako číslo prihlášky 60/068816 uskutočňuje popis ďalších ocelí vhodných pre použitie v predkladanom vynáleze. Spôsob je uskutočnený pre prípravu veľmi vysoko pevnostného, dvojfázového ocelového plechu majúceho mikroštruktúru zahrňujúcu asi 10 objem. % až asi 40 objem. % prvej fázy s v podstate 100 objem. % (t.j.

v podstate čistým alebo „základným“) feritom a asi 60 objem. % až asi 90 objem. % druhej fázy prevažne jemnozrnného laťového martenzitu, jemnozrnného nižšieho bainitu, alebo ich zmesí, pričom tento spôsob zahŕňa krok: a) ohrievania ocelej dosky na teplotu opakovaného ohrievania dostatočne vysokú na i) v podstate homogenizovanie ocelej dosky, ii) rozpustenie v podstate všetkých karbidov a karbonitridov nióbu a vanádu v ocelej doske a iii) získanie jemných východiskových austenitových zŕn v ocelej doske; b) redukovania ocelej dosky pre vytvorenie ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch valcovania za tepla v prvom teplotnom rozmedzí, v ktorom austenit rekryštalizuje; c) ďalšieho redukovania ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch valcovania za tepla v druhom teplotnom rozmedzí pod asi T_{nr} teplotou a nad asi A_3 transformačnou teplotou; d) ďalšieho redukovania uvedeného ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch v treťom teplotnom rozmedzí pod asi Ar_3 transformačnou teplotou a nad asi Ar_1 transformačnou teplotou (t.j. medzikritickom teplotnom rozmedzí); e) kalenia uvedeného ocelového plechu pri chladiacej rýchlosti asi 10°C za sekundu do asi 40°C za sekundu (18°F/s - 72°F/s) na teplotu zastavenia kalenia prednostne pod asi M_s transformačnou teplotou plus 200°C (360°F); a f) zastavenia uvedeného kalenia. V ďalšom uskutočnení tohto tretieho príkladu ocele je teplota zastavenia kalenia prednostne pod asi M_s transformačnou teplotou plus 100°C (180°F) a prednostnejšie pod asi 350°C (662°F). V jednom uskutočnení tohto tretieho príkladu ocele je ocelový plech po kroku f) chladený vzduchom na teplotu okolia. Toto spracovanie umožňuje transformáciu mikroštruktúry ocelového plechu na asi 10 objem. % až asi 40 objem. % prvej fázy feritu a asi 60 objem. % až asi 90 objem. % druhej fázy prevažne jemnozrnného laťového martenzitu, jemnozrnného nižšieho bainitu, alebo ich zmesí. (viď v Slovníku definícií T_{nr} teplotu a Ar_3 a Ar_1 transformačné teploty).

Pre zaistenie tuhosti pri okolitej a kryogénnej teplote mikroštruktúra druhej fázy v oceliach tretieho príkladu ocele zahŕňa prevažne jemnozrnný nižší bainit, jemnozrnný laťový martenzit, alebo ich zmesí. Je to preferované pre v podstate minimalizovanie vytvorenia krehkých zložiek, ako je vyšší bainit, zdvojený martenzit a MA. Ako je použité v treťom príklade ocele a v patentových nárokoch „prevažne“ znamená aspoň asi 50 objemových percent. Zostatok mikroštruktúry druhej fázy môže zahŕňať ďalší jemnozrnný nižší bainit, ďalší jemnozrnný laťový martenzit, alebo ferit. Prednostnejšie mikroštruktúra druhej fázy zahŕňa aspoň asi 60

objemových percent až asi 80 objemových percent nižšieho bainitu, jemnozrnného lathového martenzitu, alebo ich zmesi. Snáď viac prednostne mikroštruktúra druhej fázy zahrňuje aspoň asi 90 objemových percent nižšieho bainitu, jemnozrnného lathového martenzitu, alebo ich zmesi.

Oceľová doska spracovaná podľa tretieho príkladu ocele je vyrobená v obvyklom tvare a v jednom uskutočnení zahrňuje železo a nasledujúce zliatinové prvky, prednostne v hmotnostnom rozmedzí indikovanom v nasledujúcej Tabuľke III:

Tabuľka III

Zliatinový prvok	Rozmedzie (hmotn. %)
uhlík (C)	0,04 – 0,12, prednostnejšie 0,04 – 0,07
mangán (Mn)	0,5 – 2,5, prednostnejšie 1,0 – 1,8
nikel (Ni)	1,0 – 3,0, prednostnejšie 1,5 – 2,5
niób (Nb)	0,02 – 0,1, prednostnejšie 0,02 – 0,05
titán (Ti)	0,008 – 0,03, prednostnejšie 0,01 – 0,02
hliník (Al)	0,001 – 0,05, prednostnejšie 0,005 – 0,03
dusík (N)	0,002 – 0,005, prednostnejšie 0,002 – 0,003

Niekedy je do ocele pridaný chróm (Cr), prednostne do asi 1,0 hmotn. %, prednostnejšie asi 0,2 hmotn. % až asi 0,6 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaný molybdén (Mo), prednostne do asi 0,8 hmotn. %, prednostnejšie asi 0,1 hmotn. % až asi 0,3 hmotn. %

Niekedy je do ocele pridaný kremík (Si), prednostne do asi 0,5 hmotn. %, prednostnejšie asi 0,01 hmotn. % až asi 0,5 hmotn. %, snáď najprednostnejšie asi 0,05 hmotn. % až asi 0,1 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaná meď (Cu), prednostne v rozmedzí od asi 0,1 hmotn. % do asi 1,0 hmotn. %, prednostnejšie v rozmedzí od asi 0,2 hmotn. % do asi 0,4 hmotn. %.

Niekedy je do ocele pridaný bór (B), prednostne do asi 0,0020 hmotn. % a prednostnejšie asi 0,0006 hmotn. % až asi 0,0010 hmotn. %.

Oceľ prednostne obsahuje najmenej asi 1 hmotn. % niklu. Obsah niklu v oceli môže byť zvýšený nad asi 3 hmotn. %, ak je žiadúce zlepšiť prevedenie po zváraní. Každé 1 hmotn. % ďalej pridaného niklu znižuje teplotu prechodu tuhosti na krehkosť ocele asi o 10⁰C (18⁰F). Obsah niklu je prednostne menší než 9 hmotn. %,

prednostnejšie menší než asi 6 hmotn. %. Obsah niklu je prednostne minimalizovaný pre minimalizovanie nákladov ocele. Ak je zvýšený obsah niklu nad asi 3 hmotn. %, obsah mangánu sa môže znížiť pod asi 0,5 hmotn. % až na 0,0 hmotn. %. Potom, v širšom zmysle, je preferované do asi 2,5 hmotn. % mangánu.

Ďalej sú rezíduá v podstate v oceli minimalizované. Obsah fosforu (P) je prednostne menší než asi 0,01 hmotn. %. Obsah síry (S) je prednostne menší než asi 0,004 hmotn. %. Obsah kyslíka (O) je prednostne menší než asi 0,002 hmotn. %.

O niečo podrobnejšie je oceľ podľa tohto tretieho príkladu ocele pripravená vytvorením dosky požadovanej kompozície, ako je tu popísané; ohrievaním dosky na teplotu od asi 955°C do asi 1065°C (3175°F – 1950 °F); valcovaním dosky za tepla pre vytvorenie ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch uskutočňujúcim asi 30 percent až asi 70 percent redukcie v prvom teplotnom rozmedzí, v ktorom austenit rekryštalizuje, t.j. nad asi T_{nr} teplotou, ďalej valcovaním ocelového plechu za tepla v jednom alebo viacerých prechodoch uskutočňujúcim asi 40 percent až asi 80 percent redukcie v druhom teplotnom rozmedzí pod asi T_{nr} teplotou a nad asi A_{r3} transformačnou teplotou, a konečným valcovaním ocelového plechu v jednom alebo viacerých prechodoch uskutočňujúcim asi 15 percent až asi 50 percent redukcie v interkritickom teplotnom rozmedzí pod asi A_{r3} transformačnou teplotou a nad asi A_{r1} transformačnou teplotou. Ocelový plech valcovaný za tepla je potom kalený pri chladiacej rýchlosti asi 10°C za sekundu až asi 40°C za sekundu (18°F - 72°F) na vhodnú teplotu zastavenia kalenia prednostne pod asi M_s transformačnú teplotu plus 200°C (360°F), kedy je kalenie ukončené. V ďalšom uskutočnení tohto vynálezu je teplota zastavenia kalenia prednostne pod asi M_s transformačnou teplotou plus 100°C (180°F), a prednostnejšie pod asi 350°C (662°F). V jednom uskutočnení tohto tretieho príkladu ocele je ocelový plech po ukončení kalenia chladený vzduchom na teplotu okolia.

V troch príkladoch ocele uvedených vyššie, keďže nikel je drahý zliatinový prvok, je obsah niklu v oceli prednostne nižší než asi 3,0 hmotn. %, prednostnejšie nižší než asi 2,5 hmotn. %, viac prednostne menší než asi 2,0 hmotn. % a snád najprednostnejšie menší než asi 1,8 hmotn. % pre v podstate minimalizovanie nákladov ocele.

Iné vhodné ocele pre použitie v súvislosti s predkladaným vynálezom sú popísané ďalších publikáciách, ktoré popisujú veľmi vysoko pevnostné, nízkoaliované ocele obsahujúce menej než asi 1 hmotn. % niklu, majúce pevnosti

v ťahu väčšie než 83 MPa (120 ksi) a majúce vynikajúce tuhosť pri nízkej teplote. Napríklad, také ocele sú popísané v Európskej patentovej prihláške publikovanej 5. februára 1997 a majúcej číslo medzinárodnej prihlášky: PCT/JP96/00157 a číslo medzinárodnej publikácie WO96/23909 (08.08.1996 Gazette 1996/36) (také ocele prednostne majú obsah medi 0,1 hmotn. % až 1,2 hmotn. %) a v prerokovávanej US predbežnej patentovej prihláške s prioritou 28. júla 1997 nazvanej „Ultra-High Strength, Weldable Steels With Excellent Ultra-Low Temperature Toughness“ a identifikovanej USPTO ako číslo prihlášky 60/053915.

U každej z vyššie uvedených ocelí, ako je zrejme osobám vzdelaným v stave techniky, tu používané „percento redukcie hrúbky“ sa vzťahuje na percento redukcie hrúbky ocelej dosky alebo plechu pred uvádzanou redukciou. Len na účely vysvetlenia, bez obmedzenia tohto vynálezu, ocelová doska o asi 25,4 cm (10 palcov) hrúbke môže byť redukovaná asi na 50 % (50 percentná redukcia), v prvom teplotnom rozmedzí, na hrúbku asi 12,7 cm (5 palcov), potom redukovaná asi na 80 % (80 percentná redukcia), v druhom teplotnom rozmedzí, na hrúbku asi 2,5 cm (1 palec). Znovu, len na účely vysvetlenia, bez obmedzenia tohto vynálezu, ocelová doska s hrúbkou asi 25,4 cm (10 palcov) môže byť redukovaná na asi 30 % (30 percentná redukcia), v prvom teplotnom rozmedzí, na hrúbku asi 17,8 cm (7 palcov), potom redukovaná na asi 80 % (80 percentná redukcia), v druhom teplotnom rozmedzí, na hrúbku asi 3,6 cm (1,4 palca) a potom redukovaná na asi 30 % (30 percentná redukcia), v treťom teplotnom rozmedzí, na hrúbku asi 2,5 cm (1 palec). Ako je tu používané, „doska“ znamená kus ocele majúci rôzne rozmery.

U každej z vyššie uvedených ocelí, ako je zrejme osobám vzdelaným v stave techniky, ocelová doska je prednostne opakovane ohrievaná vhodnými prostriedkami pre narastanie teploty v podstate v celej doske, prednostne v celej doske, na teplotu opakovaného ohrievania, napr. umiestnením dosky v peci na určitú dobu. Špecifická teplota opakovaného ohrievania, ktorá má byť použitá pre akékoľvek vyššie uvádzané ocelové kompozície, môže byť pohotovo determinovaná osobou vzdelanou v stave techniky, buď experimentálne alebo výpočtom použitím vhodných modelov. Potom teplota pece a doba opakovaného ohrievania potrebný na vzrast teploty v podstate v celej doske, prednostne v celej doske, na požadovanú teplotu opakovaného ohrievania môžu byť pohotovo determinované osobou vzdelanou v stave techniky vzhľadom na štandardné priemyselné publikácie.

Pre ktorúkoľvek z vyššie uvedených ocelí, ako je zrejme osobám vzdelaným v stave techniky, závisí teplota, ktorá definuje hranice medzi rozmedzím rekryštalizácie a rozmedzím nerekrystalizácie, T_{nr} teplota, na chémii ocele, a najmä na teplote opakovaného ohrievania pred valcovaním, koncentrácii uhlíka, koncentrácii nióbu a hodnote redukcie pri valcovaní. Osoby vzdelané v stave techniky môžu determinovať túto teplotu pre každú ocel'ovú kompozíciu buď experimentálne alebo pomocou modelového výpočtu. Podobne môžu byť tu uvedené A_{c1} , A_{r1} , A_{r3} a M_s transformačné teploty osobami vzdelanými v stave techniky determinované pre každú ocel'ovú kompozíciu buď experimentálne alebo pomocou modelového výpočtu.

Pre ktorúkoľvek z vyššie uvedených ocelí, ako je zrejme osobám vzdelaným v stave techniky, okrem teploty opakovaného ohrievania, ktorá sa aplikuje na v podstate celú dosku, sú následné teploty zmienené v popísaní spôsobov spracovania tohto vynálezu merané na povrchu ocele. Povrchová teplota ocele môže byť meraná použitím napríklad optického pyrometra, alebo akéhokoľvek iného zariadenia vhodného na meranie povrchovej teploty ocele. Tu uvedené rýchlosti chladenia sú v strede, alebo v podstate v strede hrúbky plechu; a teplota zastavenia kalenia (QST) je najvyššia, alebo v podstate najvyššia, teplota dosiahnutá na povrchu plechu po zastavení kalenia, v dôsledku preneseného tepla zo strednej hrúbky plechu. Napríklad, pri spracovaní experimentálnych tepeľ ocel'ovej kompozície, podľa príkladov tu uskutočnených, je elektrický článok pre merania stredovej teploty umiestnený v strede, alebo v podstate v strede hrúbky ocel'ového plechu, pričom povrchová teplota je meraná použitím optického pyrometra. Korelácia medzi stredovou teplotou a povrchovou teplotou je vytvorená pre použitie pri následnom spracovaní tej istej, alebo v podstate tej istej ocel'ovej kompozície tak, že stredová teplota môže byť determinovaná prostredníctvom merania povrchovej teploty. Taktiež môže byť osobou vzdelanou v stave techniky vzhľadom na štandardné priemyselné publikácie determinovaná požadovaná teplota a rýchlosť prúdu kaliacej kvapaliny pre dosiahnutie žiadúcej zvýšenej rýchlosti chladenia.

Osoba vzdelaná v stave techniky má nevyhnutné a vzdelanie pre použitie tu uvedených informácií na produkciu veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocel'ových kompozícií plechov majúcich vysokú pevnosť a tuhosť pre použitie na konštruovanie trubiek alebo iných zložiek. Ďalej môžu existovať alebo byť vyvinuté iné vhodné ocele. Všetky také ocele sú v rozsahu predkladaného vynálezu.

Osoba vzdelaná v stave techniky má nevyhnutné znalosti a vzdelanie pre použitie informácií tu uvedených informácií na produkciu veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocelových plechov majúcich modifikovanú hrúbku v porovnaní s ocelovými plechmi produkovanými podľa tu uskutočnených príkladov, pričom sa stále produkujú ocelové plechy majúce vysokú pevnosť a vhodnú tuhosť pri kryogénnej teplote pre použitie v systéme podľa predkladaného vynálezu. Napríklad, osoba vzdelaná v stave techniky môže použiť tu uvedené informácie na produkciu ocelového plechu s hrúbkou asi 2,54 cm (1 palec) a vhodnú vysokú pevnosť a tuhosť pri kryogénnej teplote pre použitie na konštruovanie trubiek a iných zložiek podľa predkladaného vynálezu. Ďalej môžu existovať alebo byť vyvinuté iné vhodné ocele. Všetky také ocele sú v rozsahu predkladaného vynálezu.

Keď je na konštruovanie trubiek podľa tohto vynálezu použitá dvojfázová ocel, je dvojfázová ocel prednostne spracovaná takým spôsobom, že doba, počas ktorej je ocel udržiavaná v interkritickom teplotnom rozmedzí, na účely vytvorenia dvojfázovej štruktúry, sa vyskytuje pred krokom zvýšeného chladenia alebo kalenia. Prednostne je spracovanie také, že dvojfázová štruktúra je vytvorená počas chladenia ocele medzi A_{r3} transformačnou teplotou až asi A_{r1} transformačnou teplotou. Ďalšia preferencia ocelí používaných na konštruovanie trubiek podľa tohto vynálezu je taká, že ocel má pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a teplotu prechodu tuhosti na krehkosť -73°C (-100°F) po ukončení kroku zvýšeného chladenia alebo kalenia, t.j. bez žiadneho ďalšieho spracovania, ktoré vyžaduje opakované ohrievanie ocele, ako je popúšťanie. Prednostnejšie je pevnosť ocele v ťahu po ukončení kroku kalenia alebo chladenia väčšia než asi 860 MPa (125 ksi) a viac prednostne väčšia než asi 900 MPa (130 ksi). V niektorých aplikáciách je prednostné, že po ukončení kroku chladenia alebo kalenia, má ocel pevnosť v ťahu väčšiu než asi 930 MPa (135 ksi) alebo väčšiu než asi 965 MPa (140 ksi) alebo väčšiu než asi 1000 MPa (145 ksi).

Spôsoby spájania pre konštruovanie trubiek a iných zložiek

Pre konštruovanie trubiek a iných zložiek podľa predkladaného vynálezu sú nutné vhodné spôsoby spájania ocelových plechov. Za vhodný bude považovaný každý spôsob spájania, ktorý bude uskutočnený, spájajúci s príslušnou pevnosťou a tuhosťou pre predkladaný vynález, ako bolo uvedené vyššie. Prednostne je použitý na konštruovanie trubiek a iných zložiek podľa predkladaného vynálezu zvarací spôsob vhodný na uskutočnenie príslušnej pevnosti a tuhosti pri lome pre

obsiahnutú alebo prepravovanú kvapalinu. Taký zvarací spôsob prednostne zahrňuje vhodný odtavný drôt, vhodný zvarací postup a vhodný zvarací proces. Napríklad, oblúkové zváranie kovu v plyne (OZKP) aj volfrámovom inertnom plyne (VIP), ktoré sú oba dobre známe v priemysle výroby ocele, môžu byť použité na spájanie oceľových plechov za predpokladu, že je použitá kombinácia vhodného odtavného drôtu – plynu.

V prvom príklade zvaracieho spôsobu je použitý postup oblúkového zvárania kovu plynom (OZKP) na produkciu chémie zvarového kovu zahrňujúceho železo a asi 0,07 hmotn. % uhlíka, asi 2,05 hmotn. % mangánu, asi 0,32 hmotn. % kremíka, asi 2,20 hmotn. % niklu, asi 0,45 % chrómu, asi 0,56 hmotn. % molybdénu, menej než asi 110 ppm fosforu a menej než asi 50 ppm síry. Zvar je urobený na oceli, ako u všetkých vyššie popísaných ocelí, použitím ochranného plynu na báze argónu s menej než asi 1 hmotn. % kyslíka. Tepelný príkon zvárania je v rozmedzí od asi 0,3 kJ/mm do asi 1,5 kJ/mm (7,6 kJ/palec) až 38 kJ/palec). Zváranie týmto spôsobom uskutočňuje zvarovanú konštrukciu (viď Slovník) majúcu pevnosť v ťahu väčšiu než asi 900 MPa (130 ksi), prednostne väčšiu než asi 930 MPa (135 ksi), prednostnejšie väčšiu než asi 965 MPa (140 ksi) a snáď najprednostnejšie aspoň asi 1000 MPa (145 ksi). Ďalej, zváranie týmto spôsobom uskutočňuje zvarový kov s teplotou prechodu tuhosti na krehkosť pod asi -73°C (-100°F), prednostne pod asi -96°C (-140°F), prednostnejšie pod asi -106°C (-160°F) a snáď najprednostnejšie pod asi -115°C ($3-175^{\circ}\text{F}$).

V ďalšom príklade zvaracieho spôsobu je použitý postup oblúkového zvárania kovu plynom (OZKP) na produkciu chémie zvarového kovu zahrňujúceho železo a asi 0,10 hmotn. % uhlíka (prednostne menej než asi 0,10 hmotn. % uhlíka, prednostnejšie od asi 0,07 do asi 0,08 hmotn. % uhlíka), asi 1,60 hmotn. % mangánu, asi 0,25 hmotn. % kremíka, asi 1,87 hmotn. % niklu, asi 0,87 % chrómu, asi 0,51 hmotn. % molybdénu, menej než asi 75 ppm fosforu a menej než asi 100 ppm síry. Zvar je urobený na oceli, ako u všetkých vyššie popísaných ocelí, použitím ochranného plynu na báze argónu s menej než asi 1 hmotn. % kyslíka. Tepelný príkon zvárania je v rozmedzí od asi 0,3 kJ/mm do asi 1,5 kJ/mm (7,6 kJ/palec) až 38 kJ/palec) a je použité predhrievanie asi 100°C (212°F). Zváranie týmto spôsobom uskutočňuje zvarovanú konštrukciu (viš Slovník) majúcu pevnosť v ťahu väčšiu než asi 900 MPa (130 ksi), prednostne väčšiu než asi 930 MPa (135 ksi), prednostnejšie väčšiu než asi 965 MPa (140 ksi) a snáď najprednostnejšie aspoň asi

1000 MPa (145 ksi). Ďalej, zváranie týmto spôsobom uskutočňuje zvarový kov s teplotou prechodu tuhosti na krehkosť pod asi -73°C (-100°F), prednostne pod asi -96°C (-140°F), prednostnejšie pod asi -106°C (-160°F) a snáď najprednostnejšie pod asi -115°C (-175°F).

V ďalšom príklade zváracieho spôsobu je použitý postup zvárania vo volfámovom inertnom plyne (VIP) na produkciu chémie zvarového kovu zahrňujúceho železo a asi 0,07 hmotn. % uhlíka (prednostne menej než asi 0,07 hmotn. % uhlíka,) asi 1,80 hmotn. % mangánu, asi 0,20 hmotn. % kremíka, asi 4,00 hmotn. % niklu, asi 0,5 % chrómu, asi 0,40 hmotn. % molybdénu, asi 0,02 hmotn. % medi, asi 0,02 hmotn. % hliníka, asi 0,010 hmotn. % titánu, asi 0,015 hmotn. % zirkónu (Zr), menej než asi 75 ppm fosforu a menej než asi 30 ppm síry. Zvar je urobený na oceli, ako u všetkých vyššie popísaných ocelí, použitím ochranného plynu na báze argónu s menej než asi 1 hmotn. % kyslíka. Tepelný príkon zvárania je v rozmedzí od asi 0,3 kJ/mm do asi 1,5 kJ/mm (7,6 kJ/palec) až 38 kJ/palec) a je použité predhrievanie asi 100°C (212°F). Zváranie týmto spôsobom uskutočňuje zvarovanú konštrukciu (viš Slovník) majúcu pevnosť v ťahu väčšiu než asi 900 MPa (130 ksi), prednostne väčšiu než asi 930 MPa (135 ksi), prednostnejšie väčšiu než asi 965 MPa (140 ksi) a snáď najprednostnejšie aspoň asi 1000 MPa (145 ksi). Ďalej, zváranie týmto spôsobom uskutočňuje zvarový kov s teplotou prechodu tuhosti na krehkosť pod asi -73°C (-100°F), prednostne pod asi -96°C (-140°F), prednostnejšie pod asi -106°C (-160°F) a snáď najprednostnejšie pod asi -115°C (-175°F).

Chémie zvarového kovu podobné príkladom v príkladoch môžu byť vytvorené použitím zváracích postupov OZKP alebo zvárania VIP. Avšak u VIP zvarov sa predpokladá, že majú nižší obsah nečistôt a viac rafinovanú štruktúru než OZKP zvary, a teda zlepšenú tuhosť pri nízkej teplote.

Osoba vzdelaná v stave techniky má nevyhnutné znalosti a vzdelanie pre použitie informácií tu uvedených informácií na produkciu veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocelových plechov na produkciu spojov majúcich vhodnú vysokú pevnosť a tuhosť pri lome pre použitie na konštruovanie trubiek a iných zložiek podľa predkladaného vynálezu. Ďalej môžu existovať alebo byť vyvinuté iné vhodné spájovacie alebo zváracie spôsoby. Všetky také ocele sú v rozsahu predkladaného vynálezu.

Konštrukcia trubiek a iných zložiek

Bez obmedzenia rozsahu tohto vynálezu sú uskutočnené: trubky a iné zložky: a) konštruované z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocele obsahujúce menej než 9 hmotn. % niklu a b) majúce adekvátnu pevnosť a tuhosť pri lome pri kryogénnej teplote, aby mohli obsahovať kvapaliny pri kryogénnej teplote, najmä tlakový, skvapalnený zemný plyn; ďalej trubky a iné zložky konštruované z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocele obsahujúce menej než 9 hmotn. % niklu a majúce pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a teplotu prechodu tuhosti na krehkosť nižšiu než -73°C (-100°F); ďalej trubky a iné zložky a) konštruované z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocele obsahujúce menej než 3 hmotn. % niklu a b) majúce adekvátnu pevnosť a tuhosť pri lome pri kryogénnej teplote, aby mohli obsahovať kvapaliny pri kryogénnej teplote, najmä tlakový, skvapalnený zemný plyn; a ďalej trubky a iné zložky a) konštruované z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocele obsahujúce menej než 39 hmotn. % niklu a majúce pevnosti v ťahu prekračujúce asi 1000 MPa (145 ksi) a teploty prechodu tuhosti na krehkosť nižšie než -73°C (-100°F). Také trubky a iné zložky sú prednostne konštruované z veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocelí s tu popísanou vynikajúcou tuhosťou pri kryogénnej teplote.

Trubky a iné zložky podľa tohto vynálezu sú prednostne konštruované z diskretných plechov veľmi vysoko pevnostných, nízkolegovaných ocelí s vynikajúcou tuhosťou pri kryogénnej teplote. Kde sú aplikované spojenia trubiek a iných zložiek, tieto majú prednostne asi rovnakú pevnosť a tuhosť ako veľmi vysoko pevnostné, nízkolegované ocelové plechy. V niektorých prípadoch môže byť pre miesto s nižším namáhaním odôvodnené zníženie pevnosti o asi 5 % až asi 10 %. Spoje s preferovanými vlastnosťami môžu byť urobené akoukoľvek vhodnou spojovacou technikou. Príkladné spojovacie techniky tu popísané v podtitule „Spôsoby spájania pre trubky a iné zložky“.

Ako bude známe osobám vzdelaným v stave techniky, na účely stanovenia tuhosti pri lome a kontroly lomu u návrhu trubiek pre prepravovanie tlakových, kryogénnych kvapalín, ako je tlakový, skvapalnený zemný plyn, najmä prostredníctvom použitia prechodovej teploty tuhosti na krehkosť môže byť použitý test Charpyho V-zárezu. Prechodová teplota tuhosti na krehkosť určuje dva režimy lomu v konštrukčných oceliach. Pri teplote pod TPTK je v Charpyho V-záreze sklon

k výskytu vady s nízkoenergetickým štiepnym (krehkým) lomom, pričom teploty nad TPTK má sklon k výskytu vady s vysokoenergetickým tuhým lomom. Trubky, ktoré sú konštruované zo zvarovaných ocelí pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu a pre iný servis nesúci zaťaženie s kryogénnou teplotou, musia mať hodnoty TPTK, ako je determinované podľa testu Charpyho V-zárezu, pod servisnou teplotou štruktúry pre zabránenie krehkej vade. V závislosti na konštrukcii, servisných podmienkach a/alebo požiadavkách aplikovateľnej klasifikačnej spoločnosti, požadovaný teplotný posun TPTK môže byť od 5°C do 30°C (9°C až 54°F) pod servisnou teplotou.

Ako bude známe osobám vzdelaným v stave techniky, operačné podmienky zohľadnené v konštrukcii trubiek konštruovaných zo zvarovanej ocele pre dopravovanie tlakových, kryogénnych kvapalín, ako je tlakový, skvapalnený zemný plyn, zahrňujú medzi inými vecami operačný tlak a teplotu, ako aj ďalšie namáhania, ktoré sú akoby uložené na ocel' a zvarované konštrukcie (viď Slovník). Štandardné merania lomovej mechaniky, ako je a) faktor kritickej intenzity napätia (K_{Ic}), ktorým je meranie rovinného napätia tuhosti pri lome, a b) posunutie konca otvoru trhliny (PKOT), ktoré môže byť použité na meranie elasticko-plastickej tuhosti pri lome, oba známe osobám vzdelaným v stave techniky, môžu byť použité na determinovanie tuhosti pri lome u ocele a zvarovaných konštrukcií. Priemyselné kódy všeobecne akceptovateľné pre konštrukciu štruktúry ocele, napríklad ako sú prezentované v BSI publikácii „Guidance on Methods for Assessing the Acceptability of Flaws in Fusion Welded Structures“, často označované ako „PD 6493: 1991“, môžu byť použité na determinovanie maximálne možných veľkostí trhliny pre trubky založené na tuhosti pri lome z ocelí a zvarovaných konštrukcií (vrátane teplom ovplyvneného pásma) a napätiach uložených na trubku. Osoba vzdelaná v stave techniky môže rozvinúť program lomovej kontroly pre zmiernenie iniciácie lomu prostredníctvom a) príslušnej konštrukcie trubky, aby minimalizovala uložené napätia, b) príslušnej kontroly výrobnnej kvality, aby sa minimalizovali defekty, c) príslušnej kontroly životného cyklu zaťaženi a tlakov aplikovaných na trubku, a d) príslušného inšpekčného programu, aby sa spoľahlivo zistili trhliny a defekty na trubke. Prednostná filozofia konštrukcie pre systém podľa predkladaného vynálezu je „presakovanie pred vadou“, ako je známe osobám vzdelaným v stave techniky. Tieto úvahy sa všeobecne vzťahujú na tu „známe princípy lomovej mechaniky“:

Nasledujúci neobmedzujúci príklad aplikácie týchto známych princípov lomovej mechaniky v postupe výpočtu kritickej hĺbky trhliny pre danú dĺžku trhliny pre použitie v plánovaní lomovej kontroly má zabrániť iniciácii lomu v trubke podľa tohto vynálezu.

Obr. 2B ilustruje trhlínu s dĺžkou trhliny 315 a hĺbkou trhliny 310. PD6493 je použité na výpočet hodnôt grafu kritickej veľkosti trhliny ukázaného na Obr. 2A na základe nasledujúcich konštrukčných podmienok :

Priemer trubky : 914 m (36 palcov)
 Hrúbka steny trubky : 20 mm (0,787 palca)
 Operačné axiálne napätie: 0,80 (vynásobené krát) SMYS = 662 Mpa (96 ksi)

Na účely tohto príkladu, je povrchová dĺžka trhliny 100 mm (4 palce), napríklad je predpokladaná kruhová trhlina umiestnená na bvide zvaru. Pokiaľ ide o Obr. 2A, graf 300 ukazuje hodnotu pre kritickú hĺbku trhliny ako funkciu PKOT tuhosti pri lome a vnútorné napätie, pre hodnoty vnútorného napätia 15, 25, 50, 75 a 100 percent namáhania na hranici trvalej deformácie. Vnútorné napätia môžu byť vytvorené pri výrobe alebo zvarovaní; a PD6493 odporúča použitie hodnoty vnútorného napätia 100 percent z namáhania na hranici trvalej deformácie u zvarov (vrátane zvarov teplom ovplyvneného pásma) pokiaľ u zvarov je zmiernené namáhanie použitím techník, ako je konečná zvarová tepelná úprava (KZTÚ) alebo reliéf mechanického namáhania.

Na základe PKOT tuhosti pri lome ocele pri minimálnej servisnej teplote, môžu byť procesy zvarovania trubky prispôsobené pre redukciu vnútorného napätia a môže byť implementovaný inšpekčný program (pre počiatočnú inšpekciu aj inšpekciu pri servise), aby sa zistili a zmerali trhlíny pre porovnanie s kritickou veľkosťou trhliny. V tomto príklade, ak má ocel' PKOT tuhosť 0,030 mm pri minimálnej servisnej teplote (merané použitím laboratórnych vzoriek) a vnútorné napätia sú redukované na 15 percent konvenčnej hranice priet'ažnosti ocele, potom hodnota pre kritickú hĺbku trhliny je približne 1 mm (viď bod 320 na Obr. 2A). Nasledujúc podobné výpočtové postupy, ako sú dobre známe osobám vzdelaným v stave techniky, kritické hĺbky trhliny môžu byť determinované pre rôzne dĺžky trhliny, ako aj rôzne geometrie trhliny. Použitím tejto informácie môže byť rozvinutý program kontroly kvality a inšpekčný program (techniky, pozorovateľné rozmery trhliny, frekvencia), aby sa zaistilo, že trhlíny sú zistené a odstránené pred dosiahnutím kritickej hĺbky

trhliny alebo pred aplikáciou konštrukčných zaťažení. Na základe publikovaných empirických korelácií medzi CVZ, K_{IC} a PKOT tuhosťou pri lome, 0,030 mm PKOT tuhosti pri lome koreluje s CVZ hodnotou asi 44 J. Tento príklad nie je uvažovaný ako akýmkol'vek spôsobom obmedzujúci tento vynález.

Pre trubky a iné zložky, ktoré vyžadujú ohnutie ocele, napr. do valcového tvaru pre kontajner alebo do trubkového tvaru pre trubku, je oceľ prednostne ohnutá do žiadaného tvaru pri teplote okolia pre vyhnutie sa nežiadúcemu zasiahnutiu ocele s vynikajúcou tuhosťou pri kryogénnej teplote. Ak musí byť oceľ pre dosiahnutie žiadaného tvaru po ohnutí ohrievaná, je prednostne ohrievaná na teplotu nie vyššiu než asi 600°C (1112°F) pre zachovanie prínosov mikroštruktúry ocele, ako bolo popísané vyššie.

Jedinečné výhody združené s takými trubkami a inými zložkami sú podrobnejšie popísané ďalej.

Systémy siete rozvodných potrubí

Na Obr. 1 systém siete rozvodných potrubí 10 podľa predkladaného vynálezu pre distribúciu tlakového, skvapalneného zemného plynu prednostne zahŕňa aspoň jeden skladovací kontajner 12, aspoň jednu primárnu rozvodnú trubku a aspoň jedno miesto určenia 16. Miesto určenia 16 môže byť, len na účely príkladu bez obmedzenia tohto vynálezu, doplňovacia stanica nositeľa, výrobná jednotka alebo vyparovacie miesto na potrubí zemného plynu. Systém siete rozvodných potrubí zobrazený na Obr. 1 má tiež aspoň jednu sekundárnu rozvodnú trubku 18 a aspoň jednu terciárnu rozvodnú trubku 15.

Systém siete rozvodných potrubí 10 je prednostne konštruovaný na kontrolovanie tepelných netesností v systéme, aby sa mohlo kontrolovať vyparovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu. Tepelné netesnosti môžu byť kontrolované prostriedkami známymi ľuďom vzdelaným v stave techniky, takými ako je zodpovedajúce izolácia a hrúbka izolácie obkolesujúcej trubky, ako je primárna rozvodná trubka 14, a obkolesujúci skladovací kontajner 12. Ďalej, môžu byť do systému siete rozvodných potrubí 10 zahrnuté jednotky manipulácie s parou (nie je ukázané na Obr. 1 vrátane opakovaného vyparovača, alebo nadbytok pary môže byť použitý na palivo jednotky vyrábanej plyn.

Tlakový, skvapalnený zemný plyn je prednostne čerpaný kryogénnym čerpadlom (nie je ukázané na Obr. 1. Ďalej sú prednostne v rôznych miestach systému siete

rozvodných potrubí 10 použité kryogénne čerpadlá pre udržiavanie tlaku, a takto tiež teploty, tlakového, skvapalneného zemného plynu čerpaného cez systém v rámci požadovaných rozmedzí. Príslušné kryogénne čerpadlá môžu byť vybrané osobami vzdelanými v stave techniky. Prednostne spätný ventil (nie je ukázaný na Obr. 1) medzi miestom určenia 16 a potrubím v systéme, napr. sekundárna rozvodná trubka 18, zabraňuje reverzný prúd z miesta určenia 16 späť do potrubia. Výhoda systémov siete rozvodných potrubí podľa tohto vynálezu je taká, že tlakový, skvapalnený zemný plyn (kvapalina) môže byť čerpaný do miest určenia, a tým sa vyhne prírastkovým nákladom na kompresiu, ktoré sú spojené s typickými systémami pre distribúciu zemného plynu.

Typický prijímací terminál pre tlakový, skvapalnený zemný plyn je umiestnený na brehu mora pre prijímanie tlakového, skvapalneného zemného plynu z tankerových lodí s tlakovým, skvapalneným zemným plynom, Terminál má prednostne aspoň jeden skladovací kontajner TSZP 12 a zariadenia (nie sú ukázané na Obr. 1) pre vyparovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu. Systém siete rozvodných potrubí 10 pre typickú metropolitnú sieť s 100 užívateľmi / distribútormi TSZP, z ktorých každý vyžaduje asi 3000 galónov TSZP denne, napríklad, zahrňuje 10" primárnu rozvodnú trubku 14, asi 3" sekundárne rozvodné trubky 18 a asi sto 1,5" terciárnych rozvodných trubiek 15.

Trubky a iné zložky vyššie uvedených systémov siete rozvodných potrubí pre distribúciu tlakového, skvapalneného zemného plynu sú prednostne konštruované z akejkoľvek vhodnej, veľmi vysoko pevnostnej, nízkolegovanej ocele tu popísanej, ako sú všetky ocele popísané vyššie v podtitule „Oceľ pre konštruovanie trubiek a iných zložiek“. Trubky a iné zložky majú rozmery podľa potrieb projektu pre tlakový, skvapalnený zemný plyn, v ktorom bude systém siete rozvodných potrubí využitý. Pritom k informáciám uskutočneným v tejto špecifikácii môže osoba vzdelaná v stave techniky použiť štandardnú strojárenskú prax a referencie dostupné v priemysle pre determinovanie nevyhnutných rozmerov, hrúbky steny atď. pre trubky a iné zložky a pre konštruovanie a prevádzkovanie systémov siete rozvodných potrubí podľa tohto vynálezu.

Systémy podľa tohto vynálezu sú výhodne použité na distribuovanie / prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu. Navyiac, systémy podľa tohto vynálezu sú výhodne použité a) na distribuovanie / prepravovanie iných tlakových, kryogénnych kvapalín, b) na distribuovanie / prepravovanie tlakových,

nekryogénnych kvapalín, alebo c) na distribuovanie / prepravovanie kryogénnych kvapalín pri atmosferickom tlaku.

Keďže nasledujúci vynález bol popísaný pojmiami jedného alebo viacerých preferovaných uskutočnení, bude zrejmé, že môžu byť urobené ďalšie modifikácie bez odklonenia sa od rozsahu vynálezu, ktorý je daný nasledujúcimi patentovými nárokmi.

Slovník pojmov

Ac₁ transformačná teplota:	teplota, pri ktorej sa pri ohrievaní začína vytvárať austenit
Ac₃ transformačná teplota:	teplota, pri ktorej je pri ohrievaní ukončená transformácia austenitu na ferit alebo na ferit plus cementit
Ar₁ transformačná teplota:	teplota, pri ktorej je pri chladnutí ukončená transformácia austenitu na ferit alebo ferit plus cementit
kryogénne teploty:	teploty nižšie než asi -40°C (-40°F).
CVZ:	Charpyho V-zárez
TPTK (teplota prechodu tuhosti na krehkosť):	zobrazuje dva spôsoby lomu konštrukčných ocelí; pri teplotách pod TPTK je sklon k výskytu vady s nízkoenergetickým štiepnym (krehkým) lomom, pričom pri teplotách nad TPTK je sklon k výskytu vady s vysokoenergetickým tuhým lomom

podstatne:	v podstate 100 objem. %
Gm ³ :	bilión metrov kubických
OZKP:	oblúkové zvaranie kovu v plyne
kaliace častice:	jedna alebo viaceré z ϵ -medi, Mo ₂ C alebo karbidov a karbonitridov nióbu a vanádu
CK:	priestorovo centrovaná kubická
TOP:	teplom ovplyvnené pásmo
interkritické teplotné rozmedzie:	od asi Ac ₁ trasformačnej teploty do asi Ac ₃ trasformačnej teploty pri ohrievaní, a od asi Ar ₃ trasformačnej teploty do asi Ar ₁ transformácie teploty pri chladnutí
K _{ic} :	faktor kritickej intenzity napätia
kJ:	kilojoule
kPa:	tisíce paskalov
ksi:	tisíce libier na štvorcový palec
nízkoalegovaná ocel':	ocel' obsahujúca železo a menej než asi 10 hmotn. % celkových zliatinových aditív
MA :	martenzit – austenit
maximálna prípustná veľkosť trhliny :	kritická dĺžka a hĺbka trhliny
Mo ₂ C :	tvár karbidu molybdénu

MPa:	milióny paskalov
M _s transformačná teplota:	teplota, pri ktorej sa začína transformácia austenitu na martenzit pri chladnutí
prevažne :	aspoň asi 50 objem. Percent
ppm:	milióntiny
psia :	libry na štvorcový palec
kalenie :	zvýšené chladenie akýmkoľvek prostriedkami, používaním kvapaliny selektovanej pre jej sklon zvyšovať rýchlosť chladnutia ocele, ako je opačne k chladeniu vzduchom
rýchlosť kalenia (chladenia):	rýchlosť chladnutia v strede, alebo v podstate v strede hrúbky plechu
teplota zastavenia kalenia (QST):	najvyššia, alebo v podstate najvyššia teplota dosiahnutá na povrchu plechu po kalení je zastavená, pretože sa teplo prenieslo od strednej hrúbky plechu
QST :	teplota zastavenia kalenia
doska:	kus ocele majúci akékoľvek rozmery
TCF :	trilión kubických stôp
pevnosť v ťahu:	v testovaní ťahu, pomer maximálneho zaťaženia k pôvodnej prierezovej ploche

VIP zváranie:	zváranie volfrámovým inertným plynom
T_{nr} teplota:	teplota, pod ktorou austenit nerekrystalizuje
USPTO:	US úrad pre patenty a ochranné známky
zvarovaná konštrukcia:	zvarovaný spoj alebo spojenie, zahrňujúci: a) zvarový kov, b) teplom ovplyvnené pásmo (TOP), a c) základný kov „v blízkom susedstve“ s TOP. Časť základného kovu je v „blízkom susedstve“ s TOP a potom časť zvarovanej konštrukcie sa mení v závislosti na faktoroch známych osobám vzdelaným v stave techniky, napríklad bez obmedzenia, šírka zvarovanej konštrukcie, veľkosť položky, ktorá bola zvarovaná, počet zvarovaných konštrukcií nutných na zváranie položky a vzdialenosť medzi zvarovanými konštrukciami.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Trubka vhodná na použitie v systéme siete rozvodných potrubí pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pri tlaku od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F), v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedená trubka je konštruovaná ohnutím a spojovaním dohromady aspoň jedného diskretného plechu z materiálu zahrňujúceho veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúceho pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F), v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že každý spoj vytvorený uvedeným spojovaním má primeranú pevnosť a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohol obsahovať uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn.
2. Trubka podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedený spoj má pevnosť aspoň asi 90 % pevnosti v ťahu uvedenej veľmi vysoko pevnostnej, nízkolegovanej ocele.
3. Trubka podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedený spoj má prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F).
4. Trubka podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedený spoj je vytvorený oblúkovým zváraním kovu plynom.
5. Trubka podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedený spoj je vytvorený zváraním volfrámovým inertným plynom.
6. Systém siete rozvodných potrubí pre distribuovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedený systém siete rozvodných potrubí má aspoň jednu trubku, ktorá je konštruovaná ohnutím a spojovaním aspoň jedného diskretného plechu z materiálu zahrňujúceho veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúceho pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F) a kde každý spoj vytvorený uvedeným spojovaním má

primeranú pevnosť a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohol obsahovať uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn pri tlaku od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F).

7. Spôsob prepravovania tlakového, skvapalneného zemného plynu z miesta skladovania miesta do miesta určenia, uvedený spôsob zahŕňa krok :

a) dodávania uvedeného tlakového, skvapalneného zemného plynu majúceho tlak od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F) do vstupu systému siete rozvodných potrubí na uvedenom mieste skladovania, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedený systém siete rozvodných potrubí má aspoň jednu trubku, ktorá je konštruovaná z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú oceľ obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúcu pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F), a každý spoj vytvorený uvedením spojovaním má primeranú pevnosť a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohol obsahovať tlakový, skvapalnený zemný plyn; a

b) čerpania uvedeného tlakového, skvapalneného zemného plynu na výstup systému siete rozvodných potrubí na uvedenom mieste určenia.

8. Spôsob podľa nároku 7, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že vyparovacie zariadenie pre konvertovanie uvedeného tlakového, skvapalneného zemného plynu na plyn a dodávanie uvedeného plynu užívateľom alebo distribútorom je pripojené k uvedenému výstupu systému siete rozvodných potrubí.

9. Spôsob podľa nároku 8, ďalej zahrňujúci krok :

c) dodávania uvedeného plynu do plynového potrubia.

10. Spôsob podľa nároku 7, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedený systém siete rozvodných potrubí má aspoň jeden skladovací kontajner, pričom uvedený skladovací kontajner je konštruovaný spojovaním viacerých diskretných plechov dohromady z materiálu zahrňujúceho veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú oceľ obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúceho pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než asi -73°C (-100°F) a kde spoje medzi uvedenými diskretnými plechmi majú primeranú pevnosť

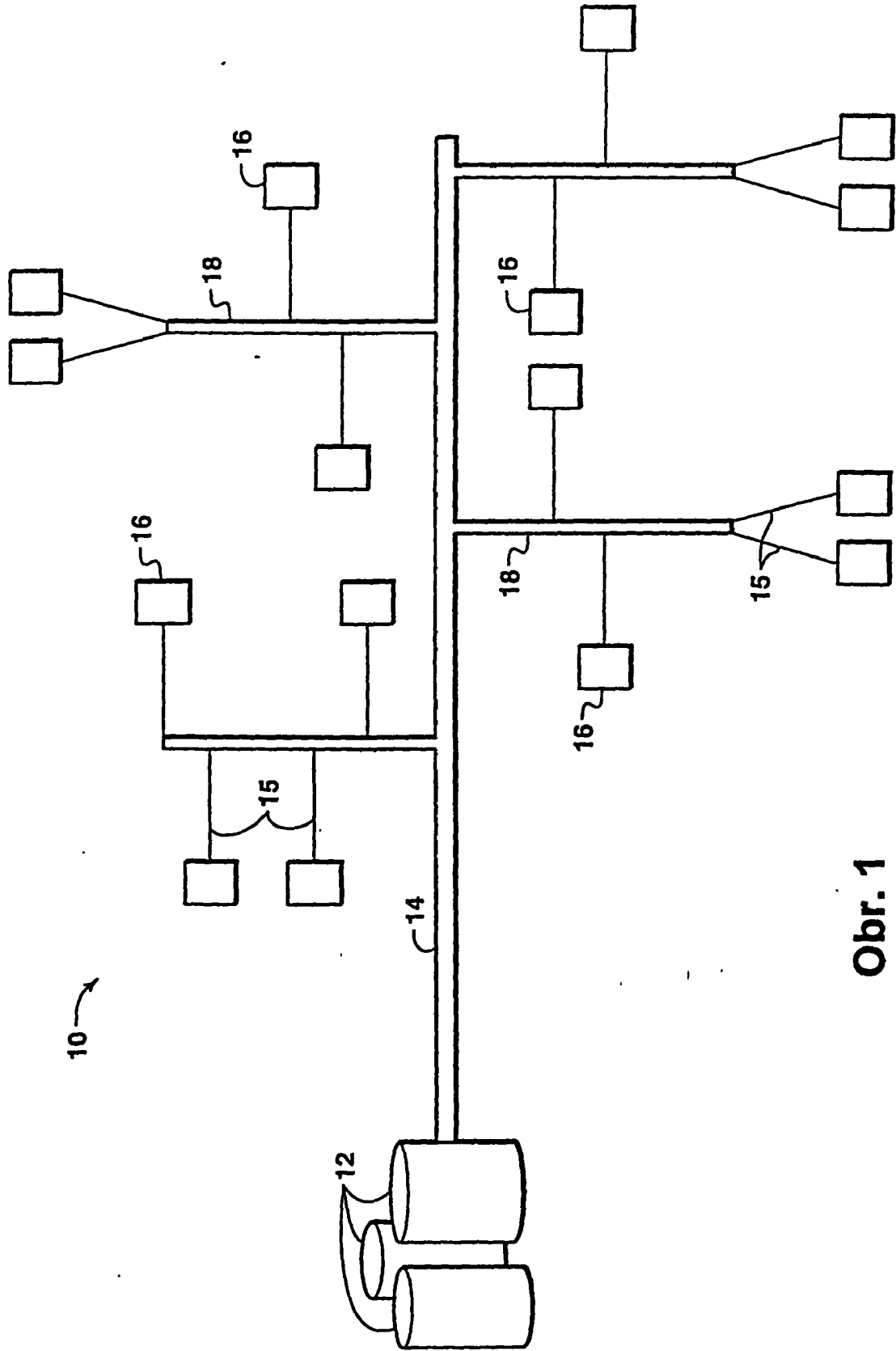
a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohli obsahovať uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn.

11. Systém siete rozvodných potrubí pre distribuovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pri tlaku od asi 1035 kPa (150 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote od asi -123°C (-190°F) do asi -62°C (-80°F), v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedený systém siete rozvodných potrubí má aspoň jednu trubku, ktorá je konštruovaná ohnutím a spojovaním dohromady aspoň jedného diskretného plechu z materiálu zahrňujúceho veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúceho pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než -73°C (-100°F) a kde každý spoj vytvorený uvedeným spojovaním má primeranú pevnosť a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohli obsahovať uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn

12. Systém podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedený systém siete rozvodných potrubí má aspoň jeden skladovací kontajner, pričom uvedený skladovací kontajner je konštruovaný spojovaním viacero diskretných plechov dohromady z materiálu zahrňujúceho veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než 9 hmotn. % niklu a majúceho pevnosť v ťahu väčšiu než 830 MPa (120 ksi) a prechodovú teplotu tuhosti na krehkosť nižšiu než -73°C (-100°F) a kde spoje medzi uvedenými diskretnými plechmi majú primeranú pevnosť a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohli obsahovať uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn.

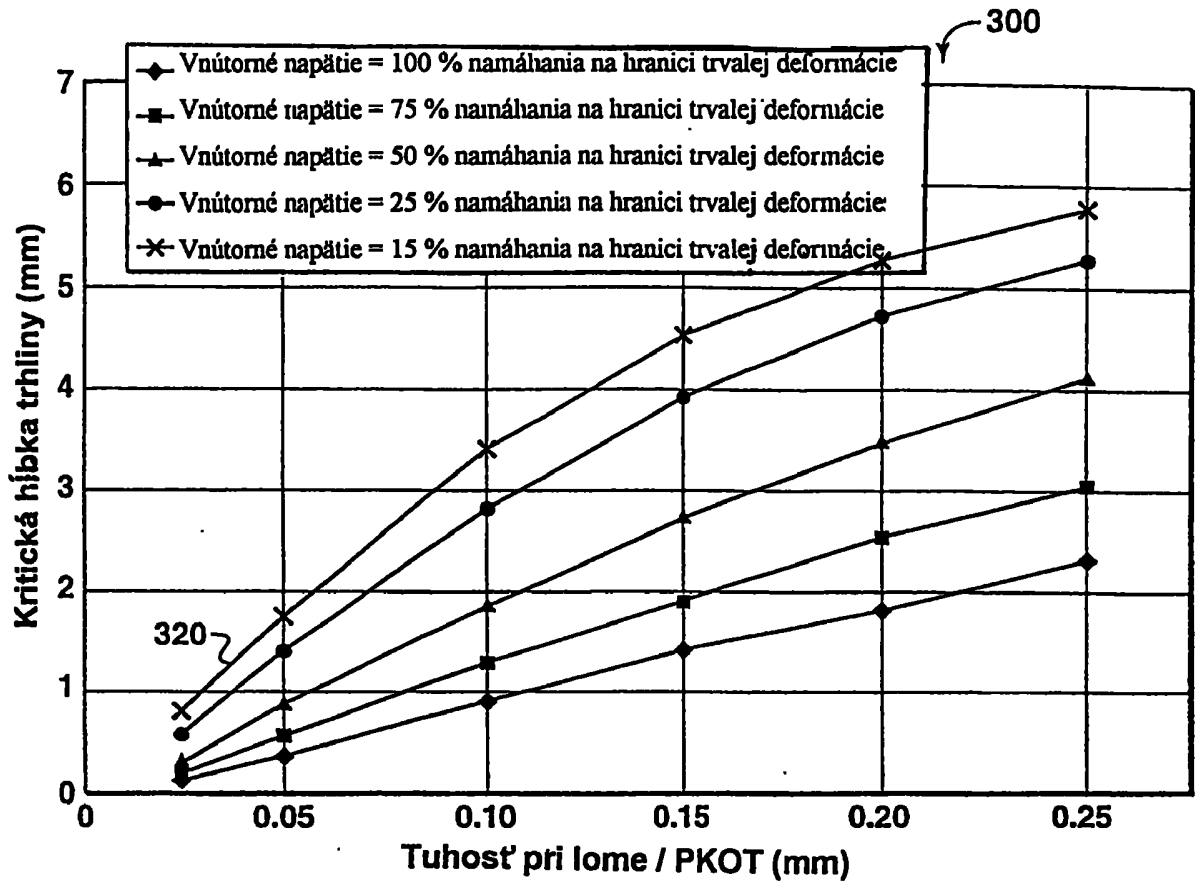
13. Kontajner pre skladovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pri tlaku od asi 1725 kPa (250 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote od asi -112°C (-170°F) do asi -62°C (-80°F), uvedený kontajner je konštruovaný spojovaním viacero diskretných plechov dohromady z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel' obsahujúcu menej než asi 2 hmotn. % niklu a majúceho primeranú pevnosť a tuhosť pri lome takú, aby mohla obsahovať tlakový, skvapalnený zemný plyn, a kde spoje medzi uvedenými diskretnými plechmi majú primeranú pevnosť a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohli obsahovať uvedený tlakový, skvapalnený zemný plyn.

14. Kontajner vhodný pre použitie v systéme siete rozvodných potrubí pre prepravovanie tlakového, skvapalneného zemného plynu pri tlaku od asi 1725 kPa (250 psia) do asi 7590 kPa (1100 psia) a pri teplote od asi -112°C (-170°F) do asi -62°C (-80°F), uvedený kontajner je konštruovaný spojovaním viacerých diskretných plechov dohromady z materiálov zahrňujúcich veľmi vysoko pevnostnú, nízkolegovanú ocel obsahujúcu menej než asi 2 hmotn. % niklu a majúceho primeranú pevnosť a tuhosť pri lome takú, aby mohla obsahovať tlakový, skvapalnený zemný plyn, a kde spoje medzi uvedenými diskretnými plechmi majú primeranú pevnosť a tuhosť pri uvedenom tlaku a teplote tak, aby mohli obsahovať tlakový, skvapalnený zemný plyn.

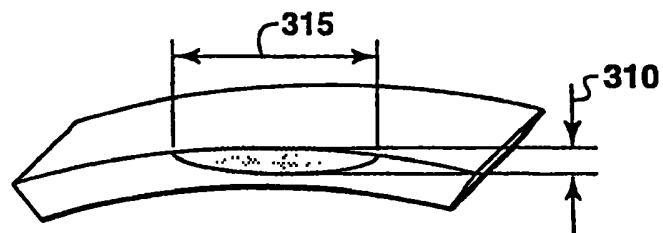


Obr. 1

2/2



Obr. 2A



Obr. 2B