

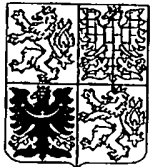
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

1999 - 4555

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **18.06.1998**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **20.06.1997 28.07.1997
19.12.1997**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1997/050280 1997/053966
1997/068198**

(33) Země priority: **US US US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **16.05.2001**
(Věstník č. 5/2001)

(86) PCT číslo: **PCT/US98/12741**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO98/59164**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

F 25 B 19/00

F 17 C 9/02

F 17 C 11/00

B 65 D 90/22

C 22 C 38/08

(71) Přihlašovatel:

**EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH
COMPANY, Houston, TX, US;**

(72) Původce:

**Bowen Ronald R., Magnolia, TX, US;
Minta Moses, Sugar Land, TX, US;**

(74) Zástupce:

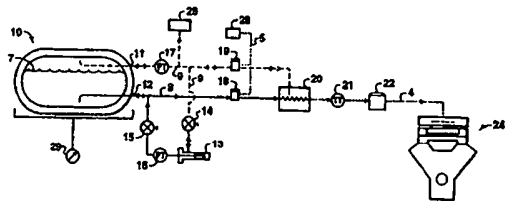
Vandělíková Jana Ing., Petrská 12, Praha 1, 11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Akumulační palivové a přívodní systémy LNG
pro vozidla poháněná zemním plynem**

(57) Anotace:

Jsou popsány akumulční palivové a přívodní systémy pro ukládání paliva, kterým je stlačený zkapaletný plyn o tlaku přibližně od 1035 kPa do přibližně 7590 kPa a teplotě přibližně od -123 °C do přibližně -62 °C, přivádění vypařeného paliva zemního plynu pro spalování v motoru. Akumulační palivové a přívodní systémy mají akumulční palivové nádrže (10) zhotovené z ultra vysoce pevné nízkolegované oceli obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa a teplotě přechodu z tažného do křehkého stavu nižší než přibližně -73 °C. Systémy jsou konstruovány pro vozidla s motory (24) pro spalování zemního plynu.



Akumulační palivové a přívodní systémy LNG pro vozidla poháněná zemním plynem

Oblast vynálezu

Tento vynález se týká akumulačních palivových a přívodních systémů pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) a přivádění vypařeného PLNG paliva k odběru pro spalování v motoru. Tento vynález se zvláště týká takových akumulačních palivových a přívodních systémů, které mají akumulační palivové nádrže zhotovené z ultra vysoce pevné nízkolegované oceli obsahující méně než 9 % hmotn. niklu, a které mají odpovídající pevnost a lomovou houževnatost při kryogenních teplotách, aby v nich mohlo být PLNG palivo. I když se tím nijak předložený vynález neomezuje, je vhodný zvláště pro automobily, autobusy, nákladní auta a další vozidla se spalovacími motory konstruovanými pro provoz na zemní plyn.

Dosavadní stav techniky

V následující specifikaci jsou používány různé termíny. Z tohoto důvodu je bezprostředně před patentové nároky vložen slovníček výrazů.

Zákony, jako je Zákon o čistotě ovzduší z roku 1990 (Clean Air Act) a Zákon o energetice z roku 1992 (Energy Policy Act), které zákonem nařizují zajišťování vozidel s alternativním pohonem (AFV) vyvolaly několik závažných obchodních iniciativ ve vývoji vozidel s pohonem na zemní plyn (NGV). Přestože byly tyto zákony motivovány snahou o čistotu ovzduší, vytvořily ekonomické stimuly, které vyvolaly skutečnou aktivitu v zavádění NGV. Pro svůj zásadní charakter čistého spalování zemního plynu, vytváří NGV k vozidlům poháněným benzinem trvale alternativní konkurenční prostředí.

Pro zavedení AFV typu NGV spolu soutěží tři technologie: stlačený zemní plyn (CNG), zkapalněný zemní plyn (LNG) a zkapalněný ropný plyn (LPG). Při technologii CNG je plynné palivo (zemní plyn) ukládán při velmi vysokých tlacích od přibližně 20684 kPa do 24132 kPa (3000 - 3500 psia). Technologie CNG má přinejmenším

čtyři hlavní nedostatky, které omezují její úspěšný rozvoj: malý akční rádius vozidla (malý energetický výkon paliva vzhledem k objemu nádrže), bezpečnostní hledisko spojené s vysokým tlakem v nádrži, hmotnost a vysokou cenu (většinou neodpovídající) palivové nádrže ve vozidle a vysoké náklady na čerpací stanice, které musejí mít vysokotlaké kompresní systémy. Technologie LNG předchází energeticky málo účinnému omezení CNG tím, že v jednotkovém objemu lze akumulovat mnohem více energie. Další výhoda LNG nad CNG tkví v tom, že LNG mají nižší hmotnost akumulárního palivového systému vozidla a vyšší objemovou kapacitu akumulární palivové nádrže. Hmotnost typického akumulárního palivového systému plněného CNG ve vozidle je 2,5 krát vyšší než u typického systému LNG. Přesto má extrémně nízká úložná teplota $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-260\text{ }^{\circ}\text{F}$), kterou systém LNG vyžaduje, za důsledek vysoké náklady na akumulární palivové nádrže, které jsou většinou vyráběny ze speciálních drahých slitin, jako je komerční ocel obsahující nikl (např. 9 % hmotn. niklu), nebo hliníkové slitiny (např. Al-5083). Dále nutnost přivádět stlačený zemní plyn do vstřikovacích trysek motoru přidává na složitosti a ceně palivového přívodního systému. Nedávné poptávkové řízení Brookhaven National Laboratory DOE na technologii LNG pro NVG učinilo středem pozornosti potřebu přívodního systému LNG pro středotlaké vstřikovací trysky paliva. Alternativou pro LNG s podobně čistými spalovacími charakteristikami je zkapalněný ropný plyn (LPG). LPG předchází omezením jak CNG, tak LNG v tom, že LPG nabízí vyšší objemovou akumulaci energie v nádrži než CNG nebo LNG a pracuje v porovnání s CNG při relativně nízkém tlaku (okolo 827 kPa (120 psia)) a při okolní teplotě. Dodávky LPG jsou však omezené a LPG je mnohem dražší než LNG.

Pět současně projednávaných předběžných US patentových přihlášek („Patentové přihlášky PLNG“) nazvaných „Zdokonalený systém pro zpracování, skladování a přepravu zkapalněného zemního plynu“ popisuje zásobníky a tankery pro skladování a námořní přepravu stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlacích v širokém rozmezí od přibližně 1035 kPa (150 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a při teplotě v širokém rozmezí od přibližně $-123\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-190\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$). Nejposlednější ze jmenovaných patentových přihlášek má datum priority 14. květen 1998 a je žadateli označena registračním číslem 97006P4 a Patentovým

úřadem USA („USPTO“) číslem přihlášky 90/085467. První ze jmenovaných patentových přihlášek PLNG má datum priority 20. červen 1997 a je USPTO označena číslem přihlášky 60/050280. Druhá ze jmenovaných patentových přihlášek PLNG má datum priority 28. červenec 1997 a je USPTO označena číslem přihlášky 60/053966. Třetí ze jmenovaných patentových přihlášek PLNG má datum priority 19. prosinec 1997 a je USPTO označena číslem přihlášky 60/068226. Čtvrtá ze jmenovaných patentových přihlášek PLNG má datum priority 30. březen 1998 a je USPTO označena číslem přihlášky 60/079904. Patentové přihlášky PLNG popisují dále systémy a nádrže pro zpracování, skladování a přepravu PLNG.

PLNG nabízí alternativu cenově přístupného zdroje paliva pro vozidla, které má výhody v čistém spalování CNG, LNG a LPG. PLNG nabízí navíc vyšší energetický výkon na akumulární palivovou nádrž než CNG a je oproti LNG méně nákladným pochodem a předchází nevýhodě LPG v omezených dodávkách. Podle našich vědomostí však běžně neexistují dosud žádné akumulární palivové a přívodní systémy pro ekonomické ukládání PLNG paliva a přívod odpařeného PLNG paliva ke spalování v motorech vozidel. Pokud by takový systém byl k dispozici, nabídl by PLNG zdroj paliva pro vozidla, který by neměl nevýhody CNG, LNG a LPG. Nastává tedy potřeba takových akumulárních a přívodních systémů paliva, které by ekonomicky ukládaly PLNG palivo, a aby se vypařené palivo mohlo přivádět ke spalování v motorech.

Primárním předmětem předloženého vynálezu je následně zajistit systémy pro akumulaci a přívod paliva vhodné pro ukládání paliva PLNG a přívod vypařeného PLNG paliva ke spalování v motorech.

Podstata vynálezu

V souladu s výše uvedenými předměty předloženého vynálezu jsou uváděny akumulární palivové a přívodní systémy pro ukládání paliva stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlacích od přibližně 1035 kPa (150 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotách od přibližně -123 °C (-190 °F) do přibližně -62 °C (-80 °F) a přívody vypařeného PLNG paliva k odběru pro spalování v motoru. PLNG je přednostně ukládán při tlaku přibližně od 1725 kPa (250 psia) do

přibližně 7590 kPa (1100 psia) a při teplotě od přibližně $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$). Lepší je ukládat PLNG palivo v rozmezí tlaků přibližně od 2415 kPa (350 psia) do přibližně 4830 kPa (700 psia) a teplotě v rozsahu od přibližně $-101\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-150\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-110\text{ }^{\circ}\text{F}$). Ještě lepší je, pokud dolní hranice tlaku a teploty pro palivo PLNG je okolo 2760 kPa (400 psia) a okolo $-96\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F}$). Akumulační palivové a přívodní systémy paliva podle tohoto vynálezu mají akumulaci nádrže a další komponenty systémů zhotovované z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající odpovídající pevnost v tahu a lomovou houževnatost, aby v nich mohl být stlačený zkapalněný zemní plyn. Ocel má ultra vysokou pevnost, např. pevnost v tahu (jak je zde definováno) vyšší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT (jak je zde definováno) nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).

Přehled obrázků

Pro lepší pochopení předloženého vynálezu bude vhodné odkazovat na následující podrobný popis a připojené obrázky, ve kterých:

Obr. 1 je schematickým znázorněním akumulčního palivového a přívodního systému podle tohoto vynálezu připojeného k motoru;

Obr. 2 je schematickým znázorněním mikroprocesoru (CPU) použitého pro regulaci paliva v akumulčním palivovém a přívodním systému podle předloženého vynálezu;
a

Obr. 3 je podrobné znázornění akumulční nádrže na palivo a s tím spojené palivové absorpční patrony používané v akumulčním palivovém a přívodním systému podle předloženého vynálezu.

Obr. 4A znázorňuje diagram závislosti kritické hloubky trhliny při dané délce trhliny jako funkci lomové houževnatosti CTOD a zbytkového napětí; a

Obr. 4B znázorňuje geometrii (délku a hloubku) trhliny.

Vynález bude popisován ve spojení s výhodným provedením vynálezu, avšak musí se tím rozumět, že se předmět vynálezu nikterak neomezuje. Na druhé straně se vynálezem požaduje pokrytí všech alternativ, modifikací a ekvivalentů, které může v duchu a ve svém rozsahu tento vynález zahrnovat tak, jak to je definováno v připojených patentových nárocích.

Podrobný popis vynálezu

Předložený vynález se týká akumulčních palivových a přívodních systémů LNG a jejich jednotlivých komponentů pro ukládání PLNG paliva a přívod vypařeného PLNG paliva k odběru pro spalování v motorech vozidel. Akumulační palivové a přívodní systémy jsou vybaveny pro uložení paliva stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlacích od přibližně 1035 kPa (150 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotách od přibližně $-123\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-190\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného PLNG paliva k odběru pro spalování v motoru, kde akumulční palivové a přívodní systémy mají palivové nádrže a další komponenty konstruované z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$). Dále jsou akumulční palivové přívodní systémy vybaveny pro uložení PLNG paliva o tlaku přibližně od 1725 kPa (250 psia) do přibližně 4830 kPa (700 psia) a při teplotě od přibližně $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-110\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění odpařeného PLNG paliva k odběru a pro spalování motorem vozidla, kde akumulční palivové a přívodní systémy mají akumulční palivové nádrže a další komponenty, které (i) jsou zhotoveny z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a (ii) mají odpovídající pevnost v tahu a lomovou houževnatost, aby v nich mohl být stlačený zkapalněný zemní plyn. Dále jsou akumulční palivové a přívodní systémy vybaveny pro ukládání PLNG paliva a přivádění vypařeného PLNG paliva pro odběr motorem vozidla a vyznačují se tím, že akumulční palivové a přívodní systémy mají palivové akumulční nádrže a další komponenty zhotovené z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než přibližně -73°C (-100°F). Dále jsou akumulční palivové a přívodní systémy vybaveny pro uložení PLNG paliva a přivádění vypařeného PLNG paliva k odběru pro spalování motorem vozidla, kde akumulční palivové a přívodní systémy mají akumulční palivové nádrže a další komponenty, které (i) jsou zhotovené z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a (ii) mají odpovídající pevnost v tahu a lomovou houževnatost, aby mohly obsahovat jmenovaný stlačený zkapalněný zemní plyn.

Oceli pro konstruování nádrží akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů

Jak zde bude popsáno, nádrže pro akumulční palivové a přívodní systémy a další komponenty pro kryogenní kapaliny jako je PLNG pro provozní podmínky podle předloženého vynálezu jsou zhotovovány z ultra vysoce pevné nízkolegované oceli obsahující méně než 9 % hmot. niklu podle principů lomové mechaniky. Příkladem oceli pro použití podle předloženého vynálezu, a to aniž by tím byl tento vynález nějak omezován, je svařitelná ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa (120 ksi) a takovou odpovídající lomovou houževnatost, aby se zabránilo vzniku lomu, tj. takovým situacím, které mohou nastat při provozních podmínkách za kryogenní teploty. Jiným příkladem oceli podle předloženého vynálezu, a to aniž by tím byl tento vynález nějak omezován, je svařitelná ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 3 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 1000 MPa (145 ksi) a takovou odpovídající lomovou houževnatost, aby se zabránilo vzniku lomu, tj. takovým situacím, které mohou nastat při provozních podmínkách za kryogenní teploty. Takové oceli podle těchto příkladů mají přednostně DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).

Pokrok v technologii ocelí v poslední době umožnil výrobu nových ultra vysoce pevných nízkolegovaných ocelí s vynikající houževnatostí při kryogenních teplotách. Například tři US patenty přiznané Koo, et al., 5,531,842; 5,545,269; a 5,545,270 popisují nové oceli a způsoby zpracování těchto ocelí na ocelové plechy s pevností v tahu okolo 830 MPa (120 ksi), 965 MPa (140 ksi) a vyšší. Zde popsané oceli a způsoby jejich zpracování byly zdokonaleny a modifikovány, aby bylo umožněno zkombinování vhodného složení a způsobu zpracování k výrobě ultra vysoce pevných nízkolegovaných ocelí s vynikající odolností za kryogenních teplot jak v základní oceli, tak v tepelně namáhané zóně (HAZ) při svařování. Tyto ultra vysoce pevné nízkolegované oceli zvýšily hodnotu houževnatosti nad normu komerčně používaných dostupných ultra vysoce pevných nízkolegovaných ocelí. Zdokonalené oceli jsou popsány v dosud projednávané prozatímní patentové US přihlášce nazvané „Ultra vysoce pevné oceli s vynikající houževnatostí za kryogenní teploty“, s

datem priority 19. prosince 1997 a US patentovým úřadem („USPTO“) registrovanou pod prozatímním číslem přihlášky 60/068194; v dosud projednávané prozatímní patentové US přihlášce nazvané „Ultra vysoce pevné vyzrálé [ausaged] oceli s vynikající houževnatostí za kryogenní teploty“, s datem priority 19. prosince 1997 a USPTO registrovanou pod prozatímním číslem přihlášky 60/068252; v dosud projednávané prozatímní patentové US přihlášce nazvané „Ultra vysoce pevné dvoufázové oceli s vynikající houževnatostí za kryogenní teploty“, s datem priority 19. prosince 1997 a USPTO registrovanou pod prozatímním číslem přihlášky 60/068816 (společně označené „Patentové přihlášky ocelí“).

Nové oceli popsané v Patentových přihláškách ocelí a dále popsané na příkladech jsou zvláště vhodné pro zhotovování nádrží akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů podle tohoto vynálezu, s tím, že oceli mají následující charakteristiky a to přednostně u ocelových desek o tloušťce 2,5 cm (1 palec) a tlustších: (i) DBTT nižší než $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$) lépe nižší než přibližně $-107\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-160\text{ }^{\circ}\text{F}$) pro základní ocel a zónu ovlivněnou svarem (HAZ); (ii) pevnost v tahu větší než 830 MPa (120 ksi), lépe větší než 860 MPa (125 ksi) a nejlépe větší než 900 MPa (130 ksi); (iii) vynikající svařitelnost; (iv) dostatečně homogenní mikrostrukturu a vlastnosti v průřezu celé tloušťky; a (v) zlepšenou houževnatost nad komerčně dostupnou normalizovanou hodnotu ultra vysoce pevných nízkolegovaných ocelí. Ještě lepší je, pokud tyto oceli mají pevnost v tahu větší než přibližně 930 MPa (135 ksi) nebo větší než 965 MPa (140 ksi) nebo větší než 1000 MPa (145 ksi).

První příklad oceli

Jak je uvedeno výše, dosud společně projednávaná předběžná patentová přihláška US s datem priority 19. prosinec 1997 nazvaná „Ultra vysoce pevné oceli s vynikající houževnatostí za kryogenní teploty“, a USPTO registrovaná pod prozatímním číslem přihlášky 60/068194 předkládá popis ocelí vhodných pro využití podle předloženého vynálezu. Tento způsob je určen pro přípravu ultra vysoce pevných ocelových plechů s mikrostrukturou obsahující převážně popouštěný jemnozrný jehlicový martenzit, popouštěný jemnozrný dolní bainit nebo jejich směs vyznačující se tím, že sestává z těchto kroků: (a) ohřívání ocelové tabule na dostatečně vysokou teplotu k (i) podstatné homogenizaci ocelové tabule, (ii) k podstatnému rozpuštění všech karbidů

a karbonitridů niobu a vanadu v ocelové tabuli a (iii) k vytvoření jemných austenitických zrn v ocelové tabuli; (b) ztenčení ocelové tabule za tepla na ocelový plech jedním nebo více průchody válcovací stolicí v první teplotní oblasti, ve které austenit rekrystalizuje; (c) dalšího ztenčení ocelového plechu za tepla jedním nebo více průchody válcovací stolicí ve druhé teplotní oblasti pod teplotou T_{nr} a nad transformační teplotou A_{r3} ; (d) kalení ocelového plechu při rychlosti ochlazování od 10 °C za sekundu do 40 °C za sekundu (18 °F.s^{-1} až 72 °F.s^{-1}) až do teploty při zastavení kalení pod transformační teplotou M_s plus 200 °C (360 °F); (e) zastavení kalení; a (f) popouštění ocelového plechu při popouštěcí teplotě od přibližně 400 °C (752 °F) až do transformační teploty Ac_1 , lépe až do této teploty, avšak nezahrnující tuto transformační teplotu Ac_1 , po dostatečně dlouhou dobu tak, aby nastala precipitace vytvrzujících částic, tj. jedné nebo více modifikací mědi ϵ , Mo_2C nebo karbidů a karbonitridů niobu a vanadu. Doba potřebná k tomu, aby nastala precipitace vytvrzujících částic závisí předně na tloušťce ocelového plechu, složení ocelového plechu a popouštěcí teplotě a stanovit ji může pracovník zkušený oboru. (Viz slovníček definic, týkající se převážně termínů vytvrzující částice, teplota T_{nr} , transformační teplota Ar_3 , M_s a Ac_1 a Mo_2C .)

K zajištění houževnatosti při okolní a kryogenní teplotě, musí mít ocel podle tohoto prvního příkladu přednostně mikrostrukturu sestávající převážně z popouštěného

jemně zrnitého dolního bainitu, jemně zrnitého jehlicového martenzitu nebo jejich směsi. Nejlépe je, když se minimalizuje tvorba křehkých složek jako je horní bainit, dvojčatový martenzit a MA. Tak, jak se v tomto prvním příkladu a v patentových nárocích používá termínu „převážně“, míní se tím alespoň 50 % obj. Lepší je, pokud struktura obsahuje nejméně od 60 % do 80 % obj. popouštěného jemně zrnitého dolního bainitu, jemně zrnitého jehlicového martenzitu nebo jejich směsi. Vůbec nejlepší je, pokud mikrostruktura obsahuje nejméně 90 % obj. popouštěného jemně zrnitého dolního bainitu, jemně zrnitého jehlicového martenzitu nebo jejich směsi. Vůbec nejlepší je, pokud mikrostruktura obsahuje 100 % obj. popouštěného jemně zrnitého jehlicového martenzitu.

Ocelové tabule zpracováváné podle tohoto prvního příkladu se vyrábějí na zakázku a sestávají například ze železa a dalších legujících prvků o složení uvedeném v následující tabulce I:

Tabulka I

Legující prvek	Rozsah (% hmotn.)
uhlík (C)	0,04 až 0,12, lépe 0,04 až 0,07
mangan (Mn)	0,5 až 2,5, lépe 1,0 až 1,8
nikl (Ni)	1,0 až 3,0, lépe 1,5 až 2,5
měď (Cu)	0,1 až 1,5, lépe 0,5 až 1,0
molybden (Mo)	0,1 až 0,8, lépe 0,2 až 0,5
niob (Nb)	0,02 až 0,1, lépe 0,03 až 0,05
titan (Ti)	0,008 až 0,03, lépe 0,01 až 0,02
hliník (Al)	0,001 až 0,05, lépe 0,005 až 0,03
dusík (N)	0,002 až 0,005, lépe 0,002 až 0,003

Vanad (V) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,10 % hmotn. a lépe od přibližně 0,02 % hmotn. do přibližně 0,05 % hmotn.

Chrom (Cr) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 1,0 % hmotn. a lépe od přibližně 0,2 % h. do přibližně 0,6 % hmotn.

Křemík (Si) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,5 % hmotn. a lépe od přibližně 0,01 % hmotn. do přibližně 0,05 % hmotn., avšak nejlépe od přibližně 0,05 % hmotn. do 0,1 % hmotn.

Bor (B) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,0020 % hmotn. a lépe od přibližně 0,0006 % hmotn. do přibližně 0,0010% hmotn.

Ocel přednostně obsahuje nejméně 1 % hmotn. niklu. Obsah niklu v oceli může být zvýšen nad 3 % hmotn., pokud to zlepší parametry po svařování. Očekává se, že přídavek každého 1 % hmotn. niklu sníží DBTT oceli o 10 °C (18 °F). Dává se přednost tomu, aby obsah niklu byl nižší než 9 % hmotn., lépe méně než 6 % hmotn. Obsah niklu se minimalizuje hlavně proto, aby se snížila cena oceli. Pokud se obsah niklu zvýší nad přibližně 3 % hmotn, lze snížit obsah manganu pod přibližně 0,5 % hmotn. až k 0,0 % hmotn. Pojato širěji, dává se proto přednost tomu, aby obsah manganu byl přibližně do 2,5 % hmotn.

Ostatní zbylé prvky se pokud možno v oceli minimalizují. Obsah fosforu (P) je přednostně nižší než 0,01 % hmotn. Obsah síry (S) je přednostně nižší než 0,004 % hmotn. Obsah kyslíku (O) je přednostně nižší než 0,002 % hmotn.

Poněkud podrobněji bude popsán postup úpravy oceli podle tohoto prvního příkladu tvářením ocelových tabulí o složení zde popsaném: tabule se ohřívají na teplotu od přibližně 955 °C až přibližně do 1065 °C (1750 °F – 1950 °F); tabule se válcují za tepla na plech jedním nebo více průchody tak, aby se v první teplotní oblasti, kdy rekrystalizuje austenit dosáhlo 30 - 70 procentního ztenčení, tj. přibližně nad teplotou T_{nr} a dále se plechy v jednom nebo více průchodech válcují za tepla na přibližně 40 až 80 % ztenčení při teplotě druhé oblasti přibližně pod teplotu T_{nr} a přibližně nad transformační teplotu Ar_3 . Horké vyválcované plechy se potom zakalí rychlostí okolo 10 °C za sekundu až 40 °C za sekundu (18 °F.s^{-1} – 72 °F.s^{-1}) na vhodnou QST (jak je definována ve slovníčku) přibližně pod transformační teplotu M_s plus 200 °C (360 °F) kdy kalení skončí. V jednom z případů tohoto prvního příkladu se potom ocelový plech nechá ochladit na okolní teplotu. Tento postup se používá k vytvoření mikrostruktury sestávající převážně z jemně zrnitého jehlicového martenzitu, jemně zrnitého dolního bainitu nebo jejich směsi, avšak je lepší, pokud obsahuje 100% jemně zrnitého jehlicového martenzitu.

Takto přímo kalený martenzit v ocelích podle prvního příkladu má vysokou pevnost, avšak jeho houževnatost lze zlepšit popouštěním při vhodné teplotě přibližně od 400 °C (752 °F) výše až k transformační teplotě Ac_1 . Popouštění oceli v tomto rozsahu teplot vede také ke zmenšení pnutí vzniklého kalením, což naopak vede ke zlepšení houževnatosti. Zatímco popouštění může zlepšit houževnatost oceli, vede běžně ke značné ztrátě pevnosti. V tomto vynálezu se obvyklá ztráta pevnosti vzniklá popouštěním kompenzuje ovlivněním disperzním precipitačním kalením. Disperzního kalení způsobeného jemným měděným precipitátem a směsnými karbidy a/nebo karbonitridy se využívá k optimalizaci pevnosti a houževnatosti během popouštění martenzitické struktury. Jedinečné složení ocelí podle tohoto prvního příkladu umožňuje popouštění v širokém rozmezí od přibližně 400 °C do přibližně 650 °C (750 °F – 1200 °F) bez jakékoliv význačné ztráty pevnosti z kalení. Ocelové plechy se přednostně popouštějí při popouštěcí teplotě od teplot nad přibližně 400 °C (752 °F) až pod transformační teplotu Ac_1 po dostatečně dlouhou dobu k tomu, aby nastala precipitace vytvrzujících částic (jak jsou zde definovány).

20.03.00

- 11 -

Tento postup usnadňuje transformaci mikrostruktury ocelových plechů na převážně popouštěný jemnozrný jehlicový martenzit, popouštěný jemnozrný dolní bainit, nebo jejich směs. Doba dostatečná na to, aby způsobila precipitaci vytvrzujících částic opět závisí hlavně na tloušťce ocelového plechu, složení oceli a na popouštěcí teplotě, kterou zkušený odborník může stanovit.

Druhý příklad oceli

Jak je uvedeno výše, dosud projednávaná předběžná patentová přihláška US s datem priority 19. prosince 1997 nazvaná „Ultra vysoce pevné vyzrálé [ausaged] oceli s vynikající houževnatostí za kryogenní teploty“, a USPTO registrovaná pod prozatímním číslem přihlášky 60/068252 předkládá popis dalších ocelí vhodných pro využití podle předloženého vynálezu. Tento způsob zajišťuje přípravu ultra vysoce pevných ocelových plechů s mikrolaminární mikrostrukturou obsahující od přibližně 2 % obj. do přibližně 10 % obj. vrstevnatého filmového austenitu a přibližně od 90 % do přibližně 98 % obj. převážně jemnozrnného jehlicového martenzitu a jemnozrnného dolního bainitu, a sestává z těchto kroků: (a) zahřívání ocelové tabule na dostatečně vysokou teplotu k (i) podstatné homogenizaci ocelové tabule, (ii) rozpuštění v podstatě všech karbidů a karbonitridů niobu a vanadu obsažených v ocelové tabuli a (iii) vytvoření zárodečných jemných austenitických zrn v ocelové tabuli; (b) ztenčení ocelové tabule za tepla na ocelový plech jedním nebo více průchody válcovací stolicí v první teplotní oblasti, ve které austenit rekrystalizuje; (c) dalšího ztenčení ocelového plechu za tepla jedním nebo více průchody válcovací stolicí ve druhé teplotní oblasti pod teplotou T_{nr} a nad transformační teplotou A_{r3} ; (d) kalení ocelového plechu rychlostí přibližně od 10 °C za sekundu do přibližně 40 °C za sekundu (18 °F až 72 °F) až do teploty pro zastavení kalení (QST), která je pod transformační teplotou M_s plus 100 °C (180 °F) a přibližně nad transformační teplotu M_s ; a (e) zastavení kalení. V jednom z případů způsob tohoto druhého příkladu oceli obsahuje dále krok ponechávající ocelový plech chladnout na vzduchu z teploty QST na okolní teplotu. V jiném případě obsahuje dále způsob tohoto druhého příkladu oceli krok v ponechání ocelového plechu na izotermické teplotě QST po dobu 5 minut před tím, než se začne ochlazovat vzduchem na okolní teplotu. Ještě v dalším případě obsahuje dále způsob tohoto druhého příkladu oceli krok pomalého ochlazování ocelového plechu s teploty QST rychlostí menší než 1,0 °C za sekundu ($1,8\text{ °F}\cdot\text{s}^{-1}$) po dobu až 5 minut před tím, než se ponechá ochlazovat na vzduchu na okolní teplotu. Ještě v dalším případě způsob podle tohoto vynálezu dále obsahuje krok pomalého ochlazování ocelového plechu s

teploty QST rychlostí menší než $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ za sekundu ($1,8\text{ }^{\circ}\text{F.s}^{-1}$) po dobu až 5 minut před tím, než se ponechá ochlazovat na vzduchu na okolní teplotu. Tento způsob úpravy usnadní transformaci mikrostruktury ocelového plechu na přibližně 2 % obj. až 10 % obj. vrstevnatého filmového austenitu a přibližně 90 % obj. až 98 % obj. převážně jemnozrnného jehlicového martenzitu a jemnozrnného dolního bainitu. (Viz slovníček definic, týkající se převážně termínů teplota T_{nr} , a transformační teplota A_{r3} a M_s).

K zajištění houževnatosti při okolní a kryogenní teplotě, musí jehlice v mikrolaminární mikrostruktura přednostně sestávat z dolního bainitu nebo martenzitu. Nejlepší je, když se minimalizuje tvorba složek působících křehkost jako je horní bainit, dvojčatový martenzit a MA. Tak, jak se v tomto druhém příkladu a v patentových nárocích používá termínu „převážně“, míní se tím alespoň 50 % obj. Zbývající mikrostruktura může obsahovat další jemnozrnný dolní bainit, další jemnozrnný jehlicový martenzit nebo ferrit. Lepší je, pokud struktura obsahuje přibližně nejméně od 60 % obj. do přibližně 80 % obj. dolního bainitu nebo jehlicového martenzitu. Ještě lepší je, pokud mikrostruktura obsahuje nejméně přibližně 90 % obj. dolního bainitu nebo jehlicového martenzitu.

Ocelové tabule zpracováváné podle tohoto druhého příkladu se vyrábějí na zakázku a vyznačují se tím, že v jednom z příkladů obsahují železo a další legující prvky nejlépe o složení uváděném v následující tabulce II:

Tabulka II

Legující prvky	Rozsah (% hmotn.)
uhlík (C)	0,04 až 0,12, lépe 0,04 až 0,07
mangan (Mn)	0,5 až 2,5, lépe 1,0 až 1,8
nikl (Ni)	1,0 až 3,0, lépe 1,5 až 2,5
měď (Cu)	0,1 až 1,0, lépe 0,2 až 0,5
molybden (Mo)	0,1 až 0,8, lépe 0,2 až 0,4
niob (Nb)	0,02 až 0,1, lépe 0,02 až 0,05
titan (Ti)	0,008 až 0,03, lépe 0,01 až 0,02
hliník (Al)	0,001 až 0,05, lépe 0,005 až 0,03
dusík (N)	0,002 až 0,005, lépe 0,002 až 0,003

Chrom (Cr) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 1,0 % hmotn. a lépe od přibližně 0,2 % hmotn. do přibližně 0,6 % hmotn.

Křemík (Si) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,5 % hmotn. a lépe od přibližně 0,01 % hmotn. do přibližně 0,5 % hmotn., avšak nejlépe od přibližně 0,05 % hmotn. do 0,1 % hmotn.

Bor (B) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,0020 % hmotn. a lépe od přibližně 0,0006 % hmotn. do přibližně 0,0010% hmotn.

Ocel přednostně obsahuje nejméně 1 % hmotn. niklu. Obsah niklu v oceli může být zvýšen nad 3 % hmotn., pokud to zlepší parametry po svařování. Předpokládá se, že přídavek každého 1 % hmotn. niklu sníží DBTT oceli o 10 °C (18 °F). Dává se přednost tomu, aby obsah niklu byl nižší než 9 % hmotn., lépe méně než 6 % hmotn. Obsah niklu se minimalizuje ponejvíce proto, aby se snížila cena oceli. Pokud se obsah niklu zvýší nad přibližně 3 % hmotn., lze snížit obsah manganu pod přibližně 0,5 % hmotn. až k 0,0 % hmotn. Pojato šířeji, dává se proto přednost tomu, aby obsah manganu byl přibližně do 2,5 % hmotn.

Ostatní zbylé prvky se pokud možno v oceli minimalizují. Obsah fosforu (P) je přednostně nižší než 0,01 % hmotn. Obsah síry (S) je přednostně nižší než 0,004 % hmotn. Obsah kyslíku (O) je přednostně nižší než 0,002 % hmotn.

Poněkud podrobněji bude popsán postup zpracování oceli podle tohoto druhého příkladu tvářením ocelových tabulí o složení zde popsaném: tabule se ohřívají na teplotu přibližně od 955 °C až přibližně do 1065 °C (1750 °F až 1950 °F); tabule se válcují za tepla na plech jedním nebo více průchody tak, aby se v první teplotní oblasti, kdy rekrystalizuje austenit, dosáhlo 30 až 70 procentního ztenčení, tj. přibližně nad teplotu T_{nr} a dále se plechy v jednom nebo více průchodech válcují za tepla na přibližně 40 až 80 % při teplotě druhé oblasti přibližně pod teplotu T_{nr} a nad transformační teplotu A_{r3} . Horké vyválcované plechy se potom zakalí rychlostí okolo 10 °C za sekundu až 40 °C za sekundu (18 °F.s⁻¹ až 72 °F.s⁻¹) na vhodnou teplotu QST přibližně pod transformační teplotu M_s plus 100 °C (180 °F), a nad transformační teplotu M_s , kdy kalení skončí. V jednom z případů tohoto druhého příkladu se ocelový plech po zakalení nechá ochladit z teploty QST na okolní teplotu. V jiném případě tohoto druhého příkladu oceli se ocelový plech po ukončeném kalení nechá po nějakou dobu na izotermické teplotě při QST, nejlépe do přibližně 5 minut a potom se nechá ochlazovat na vzduchu na okolní teplotu. V ještě jiném případě se ocelový plech po ukončeném kalení nechá ochlazovat pomaleji než probíhá normální ochlazování vzduchem, tj. rychlostí 1 °C za sekundu (1,8 °F.s⁻¹), nejlépe po dobu do přibližně 5 minut. V ještě jiném případě se ocelový plech nechá ochlazovat z teploty QST pomaleji než probíhá normální ochlazování vzduchem, tj. teplotním spádem 1 °C za sekundu (1,8 °F.s⁻¹), nejlépe po dobu do přibližně 5 minut. V neposledním případě tohoto druhého příkladu oceli je transformační teplota M_s okolo 350 °C (662 °F) a tudíž transformační teplota M_s plus 100 °C (180 °F) je okolo 450 °C (842 °F).

Ocelový plech může být udržován v podstatě izotermálně na QST jakýmkoliv vhodným způsobem zkušným odborníkům známým, jako je umístění tepelné rohože přes ocelový plech. Ocelový plech se může pomalu ochlazovat po ukončení kalení jakýmkoliv vhodným způsobem zkušným odborníkům známým, jako je umístění izolační rohože přes ocelový plech.

Třetí příklad oceli

Jak je uvedeno výše, dosud projednávaná předběžná patentová přihláška US s datem priority 19. prosinec 1997 nazvaná „Ultra vysoce pevné dvoufázové oceli s vynikající houževnatostí za kryogenní teploty“, a registrovanou USPTO pod číslem přihlášky 60/068816 předkládá popis ocelí vhodných pro využití podle předloženého vynálezu. Tento způsob zajišťuje přípravu ultra vysoce pevných plechů z dvoufázové oceli s mikrostrukturou obsahující přibližně od 10 % obj. do 40 % obj. první fáze, která je v podstatě 100 % obj. ferritem (tj. v podstatě čistá nebo „základní“) a přibližně od 60 % obj. do 90 % obj. druhé fáze převážně jemnozrnného jehlicového martenzitu, jemnozrnného dolního bainitu nebo jejich směsi, a že tento způsob sestává z těchto kroků: (a) zahřívání ocelové tabule na dostatečně vysokou teplotu k (i) podstatné homogenizaci ocelové tabule, (ii) podstatného rozpuštění karbidů a karbonitridů niobu

a vanadu v ocelové tabuli a (iii) vytvoření jemných zárodečných austenitických zrn v ocelové tabuli; (b) ztenčení ocelové tabule za tepla na ocelový plech jedním nebo více průchody válcovací stolicí v první teplotní oblasti, ve které austenit zrekrystalizuje; (c) dalšího ztenčení ocelového plechu za tepla jedním nebo více průchody válcovací stolicí ve druhé teplotní oblasti pod teplotou T_{nr} a nad transformační teplotou A_{r3} ; (d) dalšího ztenčení ocelového plechu za tepla jedním nebo více průchody válcovací stolicí v třetí teplotní oblasti pod transformační teplotou Ar_3 a nad transformační teplotou Ar_1 (tj. oblast interkritické teploty); (e) kalení jmenovaného ocelového plechu rychlostí přibližně od 10 °C za sekundu do přibližně 40 °C za sekundu ($18\text{ °F}\cdot\text{sec}^{-1}$ až $72\text{ °F}\cdot\text{sec}^{-1}$) až do teploty pro zastavení kalení (QST), která je nejlépe pod transformační teplotou M_s plus 200° C (360 °F); a (f) zastavení jmenovaného kalení. V jiném případě tohoto třetího příkladu oceli bude QST nejlépe přibližně pod transformační teplotou M_s plus 100 °C (180 °F) a lépe přibližně pod 350 °C (662 °F). V jednom z případů tohoto třetího příkladu oceli je možno ocelový plech ponechat ochlazovat na okolní teplotu po kroku (f). Toto zpracování usnadní transformaci mikrostruktury ocelového plechu na přibližně od 10 % obj. do 40 % obj. první ferritické fáze a od přibližně 60 % obj. do 90 % obj. druhé fáze s převažujícím jemnozrnným jehlicovým martenzitem, jemnozrnným dolním

bainitem nebo jejich směsí. (Viz slovníček definic pro termíny teplota T_{nr} , a transformační teplota Ar_3 a Ar_1 .)

Pro zajištění houževnatosti při okolní a kryogenní teplotě, sestává mikrostruktura druhé fáze oceli tohoto třetího příkladu převážně z jemně zrnitého dolního bainitu, jemně zrnitého jehlicového martenzitu nebo jejich směsí. Nejlépe je, když se podstatně zminimalizuje tvorba křehkých složek jako je horní bainit, dvojčatový martenzit a MA v druhé fázi. Tak, jak se v tomto třetím příkladu a v patentových nárocích používá termínu „převážně“, míní se tím alespoň 50 % obj. Zbývající mikrostruktura druhé fáze může obsahovat další jemnozrný dolní bainit, další jemnozrný jehlicový martenzit nebo ferrit. Lepší je, pokud mikrostruktura druhé fáze obsahuje přibližně nejméně od 60 % obj. do přibližně 80 % obj. dolního bainitu, jehlicového martenzitu nebo jejich směsí. Ještě lepší je, pokud mikrostruktura druhé fáze obsahuje nejméně přibližně 90 % obj. dolního bainitu, jehlicového martenzitu nebo jejich směsí.

Ocelové tabule zpracovávané podle tohoto třetího příkladu se vyrábějí na zakázku a vyznačují se tím, že v jednom z možných případů obsahují železo a další legující prvky nejlépe o složení uváděném v následující tabulce III:

Tabulka III

Legující prvek	Rozsah (% hmotn.)
uhlík (C)	0,04 až 0,12, lépe 0,04 až 0,07
mangan (Mn)	0,5 až 2,5, lépe 1,0 až 1,8
nikl (Ni)	1,0 až 3,0, lépe 1,5 až 2,5
niob (Nb)	0,02 až 0,1, lépe 0,02 až 0,05
titan (Ti)	0,008 až 0,03, lépe 0,01 až 0,02
hliník (Al)	0,001 až 0,05, lépe 0,005 až 0,03
dusík (N)	0,002 až 0,005, lépe 0,002 až 0,003

Chrom (Cr) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 1,0 % hmotn. a lépe od přibližně 0,2 % hmotn. do přibližně 0,6 % hmotn.

Molybden (Mo) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,8 % hmotn. a lépe od přibližně 0,1 % hmotn. do přibližně 0,3 % hmotn.

Křemík (Si) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,5 % hmotn. a lépe od přibližně 0,01 % hmotn. do přibližně 0,5 % hmotn., avšak nejlépe od přibližně 0,05 % hmotn. do 0,1 % hmotn.

Měď (Cu) se někdy přidává do oceli přednostně v rozmezí koncentrací od přibližně 0,1 % hmotn. přibližně do 1,0 % hmotn., lépe od přibližně 0,2 % hmotn. do přibližně 0,4 % hmotn.

Bor (B) se někdy přidává do oceli přednostně až do koncentrace okolo 0,0020 % hmotn. a lépe od přibližně 0,0006 % hmotn. do přibližně 0,0010 % hmotn.

Ocel přednostně obsahuje nejméně 1 % hmotn. niklu. Obsah niklu v oceli může být zvýšen nad 3 % hmotn. pokud to zlepší parametry po svařování. Očekává se, že přídavek každého 1 % hmotn. niklu sníží DBTT oceli o 10 °C (18 °F). Dává se přednost tomu, aby obsah niklu byl nižší než 9 % hmotn., lépe nižší než 6 % hmotn. Obsah niklu se minimalizuje ponejvíce proto, aby se snížila cena oceli. Pokud se obsah niklu zvýší nad přibližně 3 % hmotn., lze snížit obsah manganu pod přibližně

0,5 % hmotn. až k 0,0 % hmotn. Pojato šířeji, dává se proto přednost tomu, aby obsah manganu byl přibližně do 2,5 % hmotn.

Ostatní zbylé prvky se v oceli pokud možno minimalizují. Obsah fosforu (P) je přednostně nižší než 0,01 % hmotn. Obsah síry (S) je přednostně nižší než 0,004 % hmotn. Obsah kyslíku (O) je přednostně nižší než 0,002 % hmotn.

Poněkud podrobněji bude popsán postup zpracování oceli podle tohoto třetího příkladu tvářením ocelových tabulí o složení zde popsaném: tabule se ohřívají na teplotu přibližně 955 °C až přibližně 1065 °C (1750 °F až 1950 °F); tabule se válcují za tepla na plech jedním nebo více průchody tak, aby se v první teplotní oblasti, kdy rekrytalizuje austenit, dosáhlo 30 až 70 procentního ztenčení, tj. přibližně nad teplotou T_{nr} a dále se horké plechy v jednom nebo více průchodech válcují na přibližně 40 až 80 % při teplotě druhé oblasti přibližně pod teplotou T_{nr} a nad transformační teplotou Ar_3 a válcování se zakončí jedním nebo dvěma průchody válcovací stolicí na přibližně 15 % až 50 % v oblasti interkritické teploty přibližně pod transformační teplotou Ar_3 a nad transformační teplotou Ar_1 . Horké vyválcované plechy se potom zakalí rychlostí okolo 10 °C za sekundu až 40 °C za sekundu ($18\text{ °F}\cdot\text{s}^{-1}$ až $72\text{ °F}\cdot\text{s}^{-1}$) na vhodnou teplotu QST nejlépe přibližně pod transformační teplotou M_s plus 200°C (360°F), ve které končí kalení. V jiném případě příkladu podle tohoto vynálezu je QST nejlépe přibližně pod transformační teplotou M_s plus 100 °C (180 °F) a lépe přibližně pod 350 °C (662 °F). V jednom z případů tohoto třetího příkladu oceli se ocelový plech po ukončeném kalení ponechá ochladit na vzduchu na okolní teplotu.

Ve třech výše uvedených příkladech oceli se dává přednost tomu, aby byl obsah niklu nižší než přibližně 3,0 % hmotn., lépe méně než přibližně 2,5 % hmotn., ještě lépe méně než přibližně 2,0 % hmotn., avšak nejlépe méně než přibližně 1,8 % hmotn. proto, aby se minimalizovaly náklady na ocel, protože nikl je drahá legura.

Další vhodné oceli v souvislosti s předloženým vynálezem jsou popsány v jiných publikacích popisujících ultra vysoce pevné, nízkolegované oceli obsahující méně

než přibližně 1 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu větší než 830 MPa (120 ksi) a vynikající houževnatost za nízké teploty. Takové oceli jsou například popsány v přihlášce evropského patentu publikovaného 5. února 1997 s číslem mezinárodní přihlášky PCT/JP96/00157 a publikačním číslem mezinárodního patentu WO 96/23909 (08.08.1996 Gazette 1996/36) (takové oceli mají přednostně obsah mědi od 0,1 % hmotn. do 1,2 % hmotn.) a v přihlášce US patentu, který je dosud v řízení s datem priority 28. červenec 1997 a nazvaný „Ultra vysoce pevné svařitelné oceli s vynikající houževnatostí při ultra nízkých teplotách“ označené USPTO číslem přihlášky 60/053915.

Pro všechny oceli, na které bylo výše odkazováno, tak, jak odborníci vědí, zde použitý termín „procento ztenčení“ se rozumí procento ztenčení tloušťky ocelové tabule nebo plechu v porovnání se stavem před tímto ztenčováním, na které je odkazováno. Pouze pro vysvětlení, aniž by tím byl nějak vynález omezován, ocelová tabule o tloušťce přibližně 25,4 cm (10 palců) se může ztenčit o přibližně 50 % (50 procentní snížení) v první teplotní oblasti na tloušťku přibližně 12,7 cm (5 palců), potom ztenčit přibližně o 80 % (80 procentní ztenčení) v druhé teplotní oblasti na tloušťku přibližně 2,5 cm (1 palec). Opět pouze pro vysvětlení, aniž by tím byl nějak vynález omezován, ocelová tabule o tloušťce přibližně 25,4 cm (10 palců) se může ztenčit o přibližně 30 % (30 procentní ztenčení) v první teplotní oblasti na tloušťku přibližně 17,8 cm (7 palců), potom ztenčit přibližně o 80 % (80 procentní ztenčení) v druhé teplotní oblasti na tloušťku přibližně 3,6 cm (1,4 palce) a potom ztenčit přibližně o 30 % (30 procentní ztenčení) ve třetí teplotní oblasti na tloušťku 2,5 cm (1 palec). Pokud je zde použito termínu „tabule“, míní se tím kus oceli mající jakékoliv rozměry.

Jak odborníci jistě rozumí, u kterékoliv oceli na niž bylo výše odkazováno, se ocelová tabule vyhřeje vhodnými prostředky za účelem zvýšení teploty v podstatné části celé tabule, lépe úplně celé tabule na požadovanou teplotu, např. umístěním tabule do pece po určitou dobu. Patříčná teplota zahřátí, jaká se má použít pro

kteroukoliv z výše uvedených ocelí o patřičném složení, může být stanovena zkušeným odborníkem buď pokusně nebo výpočtem na vhodném modelu. Teplota pece a nutná ohřívací doba nutná ke zvýšení teploty podstatné části celé tabule, lépe celé tabule na požadovanou teplotu, může být navíc určena odborníkem podle údajů ze standardních oborových publikací.

Jak tomu odborníci jistě rozumí, teplota T_{nr} definující hranici mezi rekrystalizační oblastí a nerekrystalizační oblastí pro kteroukoliv z výše uvedených ocelí závisí na chemickém složení oceli a zvláště na teplotě opětného ohřátí před válcováním, obsahu uhlíku, obsahu niobu a míry ztenčení válcováním. Odborníci mohou stanovit tyto teploty pro každé složení oceli buď pokusně nebo výpočtem na modelu. Podobně transformační teploty A_{c1} , A_{r1} , A_{r3} a M_s na které je zde odkazováno mohou být odborníky stanoveny buď pokusně nebo výpočtem na modelu.

Jak tomu odborníci jistě rozumí, jsou teploty na něž se následně odkazuje při popisu postupu podle tohoto vynálezu, vyjma teploty opětného ohřevu, na kterou se ohřeje celá tabule, teplotami měřenými na povrchu oceli. Povrchová teplota oceli se může například měřit optickým pyrometrem, nebo jiným vhodným zařízením pro měření povrchové teploty oceli. Rychlost ochlazování, na níž se zde odkazuje, se týká středu nebo místa nejbližší středu tloušťky plechu; teplota při zastavení kalení (QST) je nejvyšší nebo v podstatě nejvyšší dosažená teplota na povrchu plechu po ukončení kalení, protože dochází k převodu tepla ze středu tloušťky plechu. Během pokusného zjišťování tepla oceli o složení podle zde uvedených příkladů se termočlánek umístí například do středu nebo dostatečně do středu tloušťky ocelového plechu, aby se mohla změřit teplota ve středu a povrchová teplota se měří optickým pyrometrem.

Zaznamenaná se korelace mezi teplotou ve středu a povrchovou teplotou, a ta se použije při následném zpracování materiálu o stejném složení nebo v podstatě stejném složení tak, že se teplota ve středu stanoví pomocí povrchové teploty.

Požadovaná teplota a průtok kalící kapaliny k provedení požadovaného zrychleného ochlazování může být odborníkem stanovena podle standardních referenčních oborových publikací.

Odborník má požadované znalosti a zkušenosti k využití zde uváděných informací k tomu, aby vyrobil ultra vysoce pevné plechy nízkolegované oceli mající vhodnou pevnost v tahu a houževnatost pro použití při zhotovování nádrží akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů podle předloženého vynálezu. Existují i další vhodné oceli nebo budou později vyvinuty. Všechny takové oceli zapadají do rozsahu předloženého vynálezu.

Odborník má požadované znalosti a zkušenosti k využití zde uváděných informací k tomu, aby vyrobil ultra vysoce pevné plechy nízkolegované oceli mající upravenou tloušťku v porovnání s příklady tlouštěk zde uvedených tak, aby takto vyrobené ocelové plechy měly ještě vhodnou vysokou pevnost a vhodnou houževnatost při kryogenních teplotách pro použití v systémech podle předloženého vynálezu. Odborník může využívat informace zde uvedené k výrobě ocelových plechů o tloušťce přibližně 2,54 cm (1 palec) a o vhodné vysoké pevnosti a vhodné houževnatosti při kryogenních teplotách pro jejich využití pro zhotovování nádrží a dalších komponentů podle předloženého vynálezu. Existují i další vhodné oceli nebo budou později vyvinuty. Všechny takové oceli zapadají do rozsahu předloženého vynálezu.

Pokud se ke zhotovení nádrží akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů podle tohoto vynálezu použijí dvoufázové oceli, zpracovávají se přednostně takovým způsobem, aby doba, po kterou se ponechávají za tímto účelem v oblasti interkritických teplot k vytvoření dvoufázové struktury uběhla před zrychleným ochlazováním nebo kalením. Postupu, kterému se dává přednost, je vytváření dvoufázové struktury během chlazení oceli mezi transformační teplotou A_{r3} a transformační teplotou A_{r1} . Další předností ocelí používaných pro zhotovení nádrží podle tohoto vynálezu je to, že mají pevnost v tahu větší než 830 MPa (120 ksi) a BDTT nižší než -73° (-100°C) až po urychleném ochlazování nebo kalení, tj.

bez jakéhokoliv dalšího zpracování vyžadujícího opětný ohřev oceli jako je například temperování. Je lépe, pokud pevnost v tahu hotových ocelí po kalení nebo ochlazení je vyšší než přibližně 860 MPa (125 ksi) a ještě lépe, pokud je vyšší než přibližně 900 MPa (130 psi). U některých aplikací se dává přednost ocelím majícím po dokončení kalení nebo ochlazení pevnost v tahu větší než přibližně 930 MPa (135 ksi) nebo vyšší než přibližně 965 MPa (140 ksi) nebo vyšší než přibližně 1000 MPa (145 ksi).

Způsoby spojování při zhotovování nádrží akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů

Pro zhotovování nádrží akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů podle předloženého vynálezu jsou zapotřebí vhodné způsoby spojování ocelových plechů. Předpokládá se, že vhodnými jsou všechny způsoby spojování zajišťující odpovídající pevnost a houževnatost podle předloženého vynálezu. Pro zhotovování zásobníků a dalších komponentů podle předloženého vynálezu se dává přednost svařování, které zajistí odpovídající pevnost a lomovou houževnatost k tomu, aby tyto nádrže a další komponenty mohly obsahovat kapalinu, nebo aby mohla tato kapalina být přepravována. Takové svařovací způsoby předně vyžadují vhodný svarový drát, vhodný použitelný plyn, vhodný svařovací postup a vhodný způsob práce při svařování. Ke spojení ocelových plechů může být použito například jak obloukové svařování kovem pod ochrannou atmosférou (GMAW), tak svařování wolframovými elektrodami v inertním plynu (TIG), které jsou obě známé v ocelářském průmyslu a to za předpokladu, že se používá vhodná kombinace svarového drátu a plynu.

Prvním příkladem svařování je obloukové svařování kovem pod ochrannou atmosférou (GMAW), kterého se používá ke zhotovení svarů materiálu obsahujícího železo a okolo 0,07 % hmotn. uhlíku, okolo 2,05 % hmotn. manganu, okolo 0,32 % hmotn. křemíku, okolo 2,20 % hmotn. niklu, okolo 0,45 % hmotn. chromu, okolo

0,56 % hmotn. molybdenu, méně než okolo 110 ppm fosforu a méně než 50 ppm síry. Svary se provádějí na ocelích jako jsou výše uvedené oceli za použití argonu

jako ochranného plynu obsahujícího méně než 1 % hmotn. kyslíku. Příkon svařovacího tepla se pohybuje v rozmezí od přibližně $0,3 \text{ kJ.mm}^{-1}$ do přibližně $1,5 \text{ kJ.mm}^{-1}$ ($7,6 \text{ kJ.palec}^{-1}$ až 38 kJ.palec^{-1}). Svařování tímto způsobem vytváří svarky (viz slovníček) o pevnosti v tahu vyšší než přibližně 900 MPa (130 ksi), lépe vyšší než přibližně 930 MPa (135 ksi), ještě lépe vyšší než přibližně 965 MPa (140 ksi), a nejlépe nejméně přibližně 1000 MPa (145 ksi). Svařování tímto způsobem poskytuje kov o BDTT pod přibližně -73°C (-100°F), lépe pod přibližně -96°C (-140°F), ještě lépe pod přibližně -106°C (-160°F) a nejlépe pod přibližně -115°C (-175°F).

Při jiném postupu svařování se používá postup GMAW k vytvoření kovového svaru materiálu obsahujícího železo a okolo 0,10 % hmotn. uhlíku (přednostně méně než přibližně 0,10 % hmotn. uhlíku, lépe od přibližně 0,07 do přibližně 0,08 % hmotn. uhlíku), okolo 1,60 % hmotn. manganu, okolo 0,25 % hmotn. křemíku, okolo 1,87 % hmotn. niklu, okolo 0,87 % hmotn. chromu, okolo 0,51 % hmotn. molybdenu, méně než okolo 75 ppm fosforu a méně než 100 ppm síry. Příkon svařovacího tepla se pohybuje v rozmezí od přibližně $0,3 \text{ kJ.mm}^{-1}$ do přibližně $1,5 \text{ kJ.mm}^{-1}$ ($7,6 \text{ kJ.palec}^{-1}$ až 38 kJ.palec^{-1}) a předehřívá se přibližně na 100°C (212°F). Svařování takových ocelí jako jsou výše uvedené oceli se provádí za použití ochranné atmosféry argonu obsahujícího méně než 1 % hmotn. kyslíku. Svařování tímto způsobem vytváří svarky o pevnosti v tahu vyšší než přibližně 900 MPa (130 ksi), lépe vyšší než přibližně 930 MPa (135 ksi), ještě lépe vyšší než přibližně 965 MPa (140 ksi), a nejlépe nejméně přibližně 1000 MPa (145 ksi). Svařování tímto způsobem poskytuje kov o BDTT pod přibližně -73°C (-100°F), lépe pod přibližně -96°C (-140°F), ještě lépe pod přibližně -106°C (-160°F) a nejlépe pod přibližně -115°C (-175°F).

Jiným příkladem je svařování wolframovými elektrodami v ochranné atmosféře inertního plynu (TIG), kdy se ke zhotovení kovových svarů využívá materiálů obsahujících železo a okolo 0,07 % hmotn. uhlíku (přednostně méně než přibližně 0,07 % hmotn. uhlíku), okolo 1,80 % hmotn. manganu, okolo 0,20 % hmotn. křemíku, okolo 4,00 % hmotn. niklu, okolo 0,5 % hmotn. chromu, okolo 0,40 % hmotn. molybdenu, okolo 0,02 % hmotn. mědi, okolo 0,02 % hmotn. hliníku, okolo 0,010 % hmotn. titanu, okolo 0,015 % hmotn. zirkonu (Zr), méně než 50 ppm fosforu a méně než 30 ppm síry. Příkon svařovacího tepla se pohybuje v rozmezí od přibližně $0,3 \text{ kJ.mm}^{-1}$ do přibližně $1,5 \text{ kJ.mm}^{-1}$ ($7,6 \text{ kJ.palec}^{-1}$ až 38 kJ.palec^{-1}) a předehřívá se přibližně na 100°C (212°F). Svary takových ocelí jako jsou výše

uvedené oceli za použití ochranné atmosféry argonu obsahujícího méně než 1 % hmotn. kyslíku. Svařování tímto způsobem vytváří svarky o pevnosti v tahu vyšší než přibližně

900 MPa (130 ksi), lépe vyšší než přibližně 930 MPa (135 ksi), ještě lépe vyšší než přibližně 965 MPa (140 ksi), a nejlépe nejméně přibližně 1000 MPa (145 ksi). Svařování tímto způsobem poskytuje svarový kov o BDTT pod přibližně -73°C (-100°F), lépe pod přibližně -96°C (-140°F), ještě lépe pod přibližně -106°C (-160°F) a nejlépe pod přibližně -115°C (-175°F).

Podobné složení svarových kovů jako je uvedeno v příkladech lze získat jak při svařovacím postupu GMAW, tak TIG. Je však nutno dodat, že svary TIG mají menší obsah nečistot a jemnější mikrostrukturu než svary GMAW a tím zlepšují nízkoteplotní houževnatost.

Zkušeným odborníkům se zde dostalo dostatek informací a zkušeností k tomu, aby mohli provádět vysoce pevné svarové spoje nízkolegovaných ocelových plechů o vhodné vysoké pevnosti a lomové houževnatosti k využívání při zhotovování nádrží a dalších komponentů podle předloženého vynálezu. Mohou existovat i jiné spojovací nebo svařovací postupy, nebo mohou být i později vyvinuty. Všechny takovéto spoje nebo svařovací postupy patří do rozsahu předloženého vynálezu.

Konstrukce nádrží akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů

Tímto se zajišťují nádrže akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů (i) zhotovené z materiálů, kterými jsou ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a (ii) mající odpovídající pevnost a lomovou houževnatost při kryogenní teplotě, aby v nich mohl být PLNG, a to tak, že se tímto popisem tento vynález nijak neomezuje; dále jde o nádrže a další komponenty zhotovené z materiálů, kterými jsou ultra vysoce pevné nízkolegované oceli obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než přibližně -73°C (-100°F); dále nádrže a další komponenty (i) zhotovené z materiálů, kterými jsou ultra vysoce pevné nízkolegované oceli obsahující méně než 3 % hmotn. niklu a (ii) mající odpovídající a lomovou houževnatost, aby v nich mohl být PLNG; dále nádrže a další komponenty

(i) zhotovené z materiálů, kterými jsou ultra vysoce pevné nízkolegované oceli obsahující méně než 3 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu přesahující 1000 MPa (145 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$). Takové nádrže akumulčních palivových a přívodních systémů a dalších komponentů jsou přednostně zhotoveny z ultra vysoce pevné nízkolegované oceli s vynikající houževnatostí při kryogenních teplotách, jak to je zde popisováno.

Nádrže akumulčního palivového a přívodního systému a dalších komponentů podle tohoto vynálezu jsou přednostně zhotovovány za samostatných plechů z ultra vysoce pevné oceli s vynikající lomovou houževnatostí za kryogenní teploty. Tam, kde to je možné, mají spoje nádrží a dalších komponentů přibližně stejnou pevnost a houževnatost jako ultra vysoce pevné nízkolegované ocelové plechy. V některých případech lze pro místa s menším napětím ponechat o 5 % až 10 % sníženou pevnost. Spoje o vlastnostech, jimž se dává přednost, lze provádět kteroukoliv spojovací technologií. Spojovací technologie jsou zde popsány pod nadpisem „Způsoby spojování pro zhotovování nádrží a dalších komponentů“.

Jak jistě bude zkušeným odborníkům známo, pro účely hodnocení lomové houževnatosti a kontroly lomivosti při konstruování nádrží k ukládání stlačených kapalin za kryogenních teplot jako je PLNG, lze použít zkoušku vrubové houževnatosti podle Charpyho (CVN), zvláště při přechodové teplotě z tažného do křehkého stavu (DBTT). U strukturních ocelí odděluje DBTT dva lomové režimy. Při teplotách pod DBTT zkouška vrubové houževnatosti podle Charpyho ukazuje na nízkoenergetický štěpivý (křehký) lom, zatímco při teplotách nad DBTT ukazuje na vysokoenergetický tvárný lom. Nádrže, které jsou zhotoveny ze svařované oceli pro ukládání PLNG a další operace za kryogenních teplot, musí mít DBTT (podle stanovení zkouškou vrubové houževnatosti podle Charpyho) hodně pod pracovní teplotou konstrukce, aby se předešlo křehkému lomu. V závislosti na konstrukci, pracovních podmínkách a/nebo požadavcích klasifikační skupiny pro kterou se používá, musí být odpovídající teplota DBTT o 5 až $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9 až $54\text{ }^{\circ}\text{F}$), nižší než je pracovní teplota.

Jak je odborníkům známo, provozní podmínky, které se berou v úvahu při konstruování nádrží pro skladování a přepravu stlačených kryogenních kapalin jako

je PLNG, zhotovovaných ze svařované oceli, jsou mimo jiné provozní tlak a teplota, rovněž tak jako další namáhání působící na ocel a svarky (viz slovníček).. Ke stanovení lomové houževnatosti oceli a svarů lze použít normalizovaná mechanická měření lomivosti jako je (i) součinitel intenzity kritického napětí (K_{IC}), který je měřením lomové houževnatosti při rovinném napětí, a (ii) změna rozměrů trhliny (CTOD), která může být používána k měření elasticko-plastické lomové houževnatosti, které jsou odborníkům známy. Ke stanovení maximální povolené velikosti trhliny pro nádrže na základě na lomové houževnatosti ocelí a svarů (včetně HAZ) vystavených namáhání lze použít oborové kódy obecně používané pro popis struktury ocelí publikované například v publikaci BSI „Guidance on methods for assessing the acceptability of flaws in fusion welded structures“ [Příručka metod hodnocení přijatelnosti trhlín struktur získaných tavným svařováním] často uváděné jako „PD 6493:1991“. Odborníci mohou vyvinout program kontroly lomivosti ke zmírnění možného vzniku lomů pomocí (i) vhodné konstrukce nádrže minimalizující působící namáhání, (ii) patřičné výrobní kontroly jakosti k minimalizaci defektů, (iii) patřičné kontroly zátěžovými cykly působícími na nádrž, a (iv) patřičného kontrolního programu ke spolehlivému zjišťování trhlín a defektů nádrže. Filozofii, které se podle systému tohoto vynálezu dává přednost je „netěsnost najít před poruchou“, odborníkům známou. Zde jsou tyto úvahy uváděny obecně jako „známé principy lomové mechaniky“.

Podle známých principů lomové mechaniky je dále uveden příklad postupu pro výpočet kritické hloubky trhliny pro danou délku trhliny pro využití k vytvoření kontrolního plánu pro lomy, který má předcházet vzniku lomů v nádrži podle tohoto vynálezu, tento vynález však nikterak neomezuje.

Obr. 4B znázorňuje trhlínu o délce 315 a hloubce 310. K výpočtu hodnot kritické velikosti trhliny se použije křivka 300 podle PD 6493 znázorněná na obr. 4A na základě těchto konstrukčních hodnot pro tlakové nádoby a nádrže:

- 28 -

Průměr nádoby:	4,57 m (15 stop)
Tloušťka stěny nádoby:	25,4 mm (1,00 palec)
Návrhový tlak:	3445 kPa (500 psi)
Povolené obvodové napětí:	333 MPa (48,3 ksi)

Pro účely tohoto příkladu se vyhodnocuje povrchová délka trhliny 100 mm (4 palce), např. osová trhlina situovaná ve švu svaru. S odkazem na obr. 4A, křivka 300 ukazuje hodnotu pro kritickou hloubku trhliny jako funkci lomové houževnatosti CTOD a vnitřního pnutí, pro úroveň vnitřního pnutí 15, 50 a 100 procentního namáhání na mezi trvalé deformace. Vnitřní pnutí může být způsobeno výrobou nebo svařováním; a PD 6493 doporučuje použití hodnoty vnitřního pnutí odpovídající 100% namáhání na mezi trvalé deformace ve svaru (včetně svaru HAZ), pokud není pnutí svaru odstraněno takovou technologií, jako je tepelné zpracování po svařování (PWHT) nebo mechanickým odlehčením namáhání.

Na základě lomové houževnatosti oceli CTOD při minimální provozní teplotě může být ustaven postup výroby nádrží tak, aby se snížilo vnitřní pnutí a pro zjišťování a měření trhlin může být zaveden kontrolní program (jak pro počáteční kontrolu, tak kontrolu během provozu) pro porovnávání s kritickými hodnotami velikosti trhlin. V tomto případě, pokud má ocel při minimální provozní teplotě (měřeno na laboratorních vzorcích) houževnatost CTOD 0,025 mm a vnitřní pnutí je sníženo na 15 procent hodnoty namáhání na mez trvalé deformace, je kritická hodnota hloubky trhliny přibližně 4 mm (viz bod 320 na obr. 4A). Při dodržování podobného výpočetního postupu, který je odborníkům znám, je možno stanovit kritickou hloubku trhliny pro různé délky trhliny rovněž tak jako pro různé geometrie trhlin. Při použití této informace lze vyvinout program kontroly jakosti a program kontrol (techniky, měřitelné rozměry trhlin, četnost) k zajištění toho, aby byly trhliny zjištěny a odstraněny před dosažením kritické hloubky nebo před vložením plánované zátěže.

Na základě publikovaných empirických vztahů mezi CVN, K_{IC} a CTOD lomové houževnatosti odpovídá obecně hodnota CTOD 0,025 mm hodnotě CVN okolo 37 J. Tento příklad však neomezuje žádným způsobem tento vynález.

Nádrže a další komponenty vyžadující ohýbání ocele, např. do válcového tvaru u nádrží nebo tvaru roury pro potrubí, se ocel ohýbá do požadovaného tvaru za okolní

teploty, aby se předešlo škodlivému působení na vynikající houževnatost za kryogenní teploty. Pokud už ocel k dosažení požadovaného tvaru musí být po ohýbání ohřívána, ohřívá se na teplotu ne vyšší než přibližně 600 °C (1112 °F), aby se uchránil prospěšný vliv mikrostruktury, jak to je popsáno výše.

Příklad akumulčního palivového a přívodního systému

Jeden z případů akumulčního palivového a přívodního systému podle tohoto vynálezu k ukládání PLNG paliva a přivádění vypařeného PLNG k odběru pro spalování v motoru vozidla a jedinečná výhoda s tím spojená, je popsán dále. Komponenty akumulčního palivového a přívodního systému, například nádrž akumulčního zásobníku, kapalinové vedení, parní vedení a výparníky jsou přednostně zhotovovány a nízkolegovaných ultra vysoce pevných ocelí s vynikající houževnatostí při kryogenních teplotách zde popisovaných, nebo z jiných ocelí majících požadované charakteristiky zde popsané. U těch komponentů, které vyžadují ohýbání oceli, např. do válcového tvaru u nádrží nebo do trubkového tvaru u potrubí, se ocel do požadovaného tvaru ohýbá za okolní teploty, aby se předešlo škodlivému působení na vynikající houževnatost za kryogenní teploty. Pokud už ocel k dosažení požadovaného tvaru musí být po ohýbání ohřívána, ohřívá se na teplotu ne vyšší než přibližně 600 °C (1112 °F), aby se uchránil prospěšný vliv mikrostruktury, jak to je popsáno výše.

Komponenty akumulčních palivových a přívodních systémů

S odkazem na obr. 1 má akumulční palivový a přívodní systém akumulční nádrž paliva 10. Akumulční nádrž paliva 10 je přednostně izolovaná nádrž typu Dewarovy nádoby. Akumulční nádrž paliva 10 je připojena k plnicímu a odplyňovacímu ventilu 13 přes (i) parní výstupní vedení 11, parní vedení 9 (čárkovaně) a parní ventil 14 a (ii) kapalinové výstupní vedení 12, kapalinové vedení 8 (plná čára) a kapalinový ventil 15. Tlakové převodníky 16 a 17 vložené mezi akumulční palivovou nádrž 10 a plnicí a odplyňovací ventil 13 do kapalinového vedení 8 a parního vedení 9. Akumulční palivová nádrž 10 je připojena ke vstupu do rozbočky motoru 24 přes kapalinové výstupní vedení 12, kapalinové vedení 8, kapalinový solenoidový ventil

18, výparník 20, kapalinové vedení 4 (čárka - tečka -tečka), a regulátor paliva 22. Akumulační palivová nádrž 10 je také připojena ke vstupu do rozbočky motoru 24 přes parní výstupní vedení 11, parní vedení 9, parní solenoidový ventil 19, výparník 20, kapalinové vedení 4 a regulátor paliva 22. Akumulační palivová nádrž 10 je také připojena k bezpečnostnímu ventilu 26 přes parní výstupní vedení 11 a parní vedení 9. Akumulační palivový a přívodní systém podle tohoto příkladu má také tlakový spínač 28 a měrku paliva 29. Tak, jak se zde v následujícím popisu provozu akumulčního palivového a přívodního systému uvádí při zmínce o ventilu termínem „otevřený“, se míní, pokud není uvedeno jinak, „alespoň částečně otevřený“.

Počáteční plnění akumulční palivové nádrže

Před počátečním plněním mívá akumulční palivová nádrž 10 atmosférický tlak a okolní teplotu. Počáteční plnění akumulční palivové nádrže 10 se řídí přednostně předepsaným postupem. Předepsaný postup pro počáteční plnění je přednostně naprogramován do CPU 30 (na obr. 1 neznázorněno, viz obr. 2), a spouští se např. manuálně obsluhovaným spínačem (na výkresech neznázorněno).

Předepsaný postup se běžně skládá z předem stanovených kroků. Za prvé: ve vychlazovacím cyklu je u akumulční palivové nádrže 10 parní ventil 14 otevřen, aby se ustavil průtok par paliva PLNG z čerpací stanice (na výkresech neznázorněno) do akumulční palivové nádrže 10 plnicím a odplyňovacím ventilem 13, parním vedením 9 a parním výstupním vedením 11. Tento průtok par paliva PLNG pokračuje do té doby, než akumulční palivová nádrž 10 dosáhne předem nastavené teploty. Předem nastavená teplota je odvozena předně z charakteristik chladicí křivky a tepelné kontrakce materiálů, ze kterých je akumulční palivová nádrž 10 zhotovena a odborníci ji určí z normovaných oborových publikací. Tento průtok par paliva PLNG do akumulční palivové nádrže 10 také zvýší tlak v akumulční palivové nádrži 10. Když teplota akumulční palivové nádrže 10 dosáhne předem nastavené hodnoty teploty, otevře se kapalinový ventil 15, aby umožnil kapalnému palivu PLNG z čerpací stanice plnění plnicím a odplyňovacím ventilem 13, kapalinovým vedením 8 a kapalinovým výstupním vedením 12 proudit do akumulční palivové nádrže 10 pro finální fázi vychlazovacího cyklu. Tak, jak kapalně palivo PLNG vychlazuje akumulční palivovou nádrž 10, vypařuje se kapalně palivo PLNG a přispívá k

ustavení tlaku. Jakmile tlak v akumulární palivové nádrži 10 dosáhne předem nastavené hodnoty tlaku podle rozdílu tlaků mezi akumulární palivovou nádrží 10 a čerpací stanicí, obrátí se tok par paliva PLNG přes parní ventil 14 (tj. z akumulární palivové nádrže 10 do čerpací stanice) a parní ventil 14 se teprve plně otevře, aby udržoval tlakovou rovnováhu mezi akumulární palivovou nádrží 10 a čerpací stanicí. Kapalinový ventil 15 se plně otevře, pokud teplota akumulární palivové nádrže 10 dosáhne předem nastavené hodnoty provozní teploty, tj. po ukončení vychlazovacího cyklu. Kapalné palivo PLNG pokračuje v proudění z čerpací stanice do akumulární palivové nádrže 10, výměnou za v podstatě stejný objem par paliva PLNG z akumulární palivové nádrže 10 proudící zpět do čerpací stanice až do doby, kdy hladinové čidlo (na výkresech neznázorněno) indikuje, že kapalné palivo PLNG v akumulární palivové nádrži 10 dosáhne předem nastaveného množství nebo objemu, kdy se jak parní ventil 14, tak kapalinový ventil 15 uzavřou, aby ukončily počáteční plnicí proces. Tak jako u obecně všech akumulárních palivových nádrží pro kryogenní teploty musí zůstat alespoň 10 % objemu par v akumulární palivové nádrži 10 po ukončeném počátečním plnění volných, jak je odborníkům v uchovávání kryogenních kapalin známo.

Čerpací postup

Před započítím čerpání se zavřeným parním ventilem 14 i kapalinovým ventilem 15 a otevřeným plnicím a odplyňovacím ventilem 13, měří tlakový převodník 16 tlak paliva PLNG v čerpací stanici a sděluje tento tlak do CPU 30 (na obr. 1 neznázorněno, viz obr. 2) jako vstupní signál 31. Před započítím čerpání se také v akumulární palivové nádrži 10 měří tlak paliva PLNG, který je dále během čerpání trvale sledován tlakovým převodníkem 17 a sdělován do CPU 30 jako vstupní signál 31. Tlak paliva PLNG v čerpací stanici zůstává během čerpacího procesu v porovnání s tlakem paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 v podstatě konstantní. CPU 30 tak během čerpacího procesu trvale sleduje rozdíl tlaků mezi čerpací stanicí a akumulární palivovou nádrží 10. CPU 30 dále trvale sleduje, tj. dostává jako vstupní signál 31 výšku hladiny kapalného PLNG v akumulární palivové nádrži 10 od hladinového čidla jako je laděný hustoměr (na výkresech neznázorněno). Také CPU 30 je předem naprogramován souborem minimálních tlakových rozdílů čerpání, tj. minimálním rozdílem tlaku nutného k zajištění

požadovaného průtoku kapalného paliva PLNG z čerpací stanice do akumulární palivové nádrže 10 bez ohledu na čerpadlo. Pokud je rozdíl tlaků mezi čerpací stanicí a akumulární palivovou nádrží 10 menší než přibližně nastavený minimální rozdíl tlaků před a po zahájení čerpání, nebo poklesne na méně než je nastavený přibližný minimální rozdíl čerpacího tlaku během čerpání, CPU 30 patřičně zařídí čerpací proces tak, aby se zajistilo, dosažení nastaveného minimálního rozdílu plnicího tlaku. Tyto tlaky, rozdíly tlaků, hladina kapaliny a nastavená hodnota minimálního rozdílu čerpacího tlaku je CPU 30 využita k řízení čerpacího procesu patřičnou odezvou (otevírání a zavírání) ventilů 14, 15, 18 a 19.

Čerpací postup použitý pro akumulární palivový a přívodní systém podle tohoto příkladu je závislý na termodynamickém stavu paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10. Jak je dále vysvětleno, mění se průběh započetí procesu čerpání v závislosti na tom, zda tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 přičtený k minimálnímu rozdílu čerpacího tlaku je nižší, nebo rovný, nebo vyšší než tlak paliva PLNG v čerpací stanici.

Začátek čerpání, pokud tlak v akumulární palivové nádrži přičtený k nastavenému minimálnímu čerpacímu tlaku je vyšší než tlak v čerpací stanici

Pokud vstupní signál 31 do CPU 30 indikuje, že tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 přičtený k nastavenému minimálnímu nastavenému rozdílu čerpacího tlaku je vyšší než přibližný tlak paliva PLNG v čerpací stanici, otevře se nejprve parní ventil 14, aby umožnil odvést páry paliva PLNG z akumulární palivové nádrže 10 přes parní výstupní vedení 11, parní vedení 9 a plnicí a odplyňovací ventil 13 do čerpací stanice. Kapalinový ventil 15 se otevře, pokud se tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 v podstatě vyrovná s tlakem paliva PLNG v čerpací stanici. CPU 30 navíc sdělí čerpací stanici způsobem odborníkům známým, jako například elektronickým signálem, aby se zvýšil tlak paliva PLNG o nejméně nastavené minimum rozdílu plnicího tlaku, aby kapalně palivo PLNG začalo proudit z čerpací stanice přes plnicí a odplyňovací ventil 13, kapalinové vedení 8 a kapalinové výstupní vedení 12 do akumulární palivové nádrže 10.

Začátek čerpání, pokud tlak v akumulární palivové nádrži přičtený k nastavenému minimálnímu čerpacímu tlaku je nižší než tlak v čerpací stanici

Pokud vstupní signál 31 do CPU 30 indikuje, že tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 přičtený k nastavenému minimálnímu nastavenému rozdílu čerpacího tlaku je nižší nebo rovný než přibližně tlak paliva PLNG v čerpací stanici, otevře se nejprve kapalinový ventil 15, aby umožnil průtok kapalného paliva PLNG z čerpací stanice přes plnicí a odplyňovací ventil 13 a kapalinové vedení 8 do akumulární palivové nádrže 10 a ustavil tak tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10. Potom se otevře parní ventil 14, aby umožnil plynému palivu PLNG akumulární palivové nádrži 10 proudit do čerpací stanice.

CPU 30 je také předem naprogramován na hodnotu pro nastavení maximálního rozdílu tlaků mezi palivem PLNG v akumulární palivové nádrži 10 a palivem PLNG v čerpací stanici. Aby se předešlo nadměrnému teplotnímu poklesu paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 vlivem Joule-Thomsonova efektu při překročení tohoto maximálního nastaveného rozdílu tlaků při zavřeném parním ventilu 14 i kapalinovém ventilu 15, vypaří se ve výparníku 20 kapalně palivo PLNG z akumulární palivové nádrže 10 a vrátí se do akumulární palivové nádrže 10 k natlakování patřičným postupem (otevření a zavření) úplným uzavřením kapalinového solenoidového ventilu 18 a parního solenoidového ventilu 19 regulátorem paliva 22. Použití výparníku 20 tímto způsobem v relativně krátkém kapalinovém vedení 8 a parním vedení 9 je rovnocenné tomu, aby akumulární nádrž 10 měla zařízení na udržování tlaku jako je topné těleso. Pokud se sníží rozdíl tlaků mezi palivem PLNG v akumulární palivové nádrži 10 a čerpací stanici pod nastavený maximální tlakový rozdíl, oba solenoidové ventily 18 a 19 se uzavřou. Současně se otevře kapalinový ventil 15, aby umožnil průtok kapalného paliva PLNG z čerpací stanice do akumulární palivové nádrže 10. Potom se otevře parní ventil 14, aby umožnil parám paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 proudit do čerpací stanice.

Ukončení čerpacího postupu

Při čerpání, ve všech případech, pokud tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 poklesne pod předem nastavenou hodnotu minimálního tlaku (také předem na programovanou v CPU 30), se parní ventil 14 dočasně uzavře, aby umožnil nastavení tlaku paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 na nejméně předem nastavenou minimální hodnotu tlaku. Jinak pokud kapalné palivo PLNG proudí do akumulární palivové nádrže 10, přepustí se páry paliva PLNG z akumulární palivové nádrže 10 přes parní výstupní vedení 11, parní vedení 9, parní ventil 14 a plnicí a

odplyňovací ventil 13 do čerpací stanice. Přepouštění par paliva PLNG pokračuje do té doby, než čidlo hladiny (na výkresech neznázorněno) indikuje, že kapalné palivo PLNG v akumulární palivové nádrži 10 dosáhne předem nastaveného množství nebo objemu a kdy se jak parní ventil 14, tak kapalinový ventil 15 na konci čerpacího procesu uzavřou. Tak, jako je tomu obecně u akumulárních zásobníků na kryogenní kapaliny, musí zůstat v akumulární palivové nádrži 10 nejméně 10 % prostoru pro páry během čerpání i po jeho skončení, jak je odborníkům z oblasti uchovávání kryogenních kapalin známo.

Provoz motoru a vozidla

Normální provoz motoru a vozidla

Spotřeba paliva PLNG motorem 24 je přednostně řízena CPU 30. V případě vadné funkce CPU 30 převezme tlakový spínač 28 řízení solenoidových ventilů 18 a 19 přes elektrické spoje 5. Mezi typické vstupní signály 31 do CPU 30 během normálního provozu motoru 24 patří parametry motoru 24, jako jsou: otáčky a zátěž; normální provozní podmínky paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10, jako je normální provozní teplota a tlak paliva PLNG; výstupní teplota z výparníku 20; a poloha regulátoru paliva 22 (tj. zavřený, otevřený z 10 %, atd.). CPU 30 využívá tyto vstupní signály 31 ke generaci výstupních signálů 32 (viz obr. 2) pro řízení regulátoru paliva 22, bezpečnostního odlehčovacího ventilu 26 a solenoidových ventilů 18 a 19, k vedení paliva PLNG přes parní výstupní vedení 11, parní vedení 9, kapalinové výstupní vedení 12, kapalinové vedení 8, výparník 20, palivové vedení 4

a regulátor paliva PLNG 22 do motoru 24.

Požadavek motoru 24 na palivo PLNG pro zrychlení je například splněn přivedením kapalného paliva PLNG z akumulární palivové nádrže 10. Kapalinový solenoidový ventil 18 je otevřen k ustavení průtoku kapalného paliva PLNG přes kapalinové výstupní vedení 12 a kapalinové vedení 8 do výparníku 20, kde se kapalné palivo PLNG vypaří a odměří přes palivové vedení regulátorem paliva 22 do vstupní rozbočky motoru 24. Vypařené palivo PLNG je přivedeno přímo do palivových trysek na vstupu rozbočky. Vstřikovací trysky paliva mohou být například pulzního typu, jak jsou odborníkům známy. Výjimečně vysoká spotřeba paliva PLNG motorem 24 vyúsťuje v odpovídající velké nastříknutí kapalného paliva PLNG z akumulární palivové nádrže 10, která za normálních provozních podmínek vykáže značný pokles tlaku paliva PLNG. S velkým poklesem tlaku je spojen i teplotní pokles. Aby se předešlo jakémukoliv nepříznivému vlivu na vlastnosti materiálu, z kterého je akumulární palivová nádrž 10 vyrobena, např. způsobenému poklesem teploty kapalného paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 značně pod DBTT materiálu, ze kterého je nádrž zhotovena, spočívá jeden z předmětů tohoto vynálezu v otevření parního solenoidového ventilu 19 k tomu, aby se do parního prostoru v akumulární palivové nádrži 10 vrátila vyšší teplota vypařeného paliva PLNG a podstatně normalizoval tlak a teplota paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10. Jiným z předmětů tohoto vynálezu je zařízení k udržování tlaku (na obr. 1 neznázorněno), jako je topné těleso, které je integrální součástí akumulární palivové nádrže 10.

Při normálních provozních podmínkách motoru 24 přecházejícího na normální spotřebu paliva PLNG je do motoru připouštěno patřičné množství paliva PLNG z akumulární palivové nádrže 10. Kapalinový solenoidový ventil 18 je otevřen k nastavení průtoku kapalného paliva PLNG přes kapalinové výstupní vedení 12 a kapalinové vedení 8 do výparníku 20, kde se kapalné palivo PLNG vypařuje a odměřuje přes palivové vedení 4 regulátorem paliva 22 do vstupní rozbočky motoru 24. Vypařené palivo PLNG se přivádí přímo do palivových vstřikovacích trysek na vstupu do rozbočky. Opět se sleduje tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 a otevře se parní solenoidový ventil 19, aby vrátil vypařené palivo PLNG do akumulární palivové nádrže 10, aby tak pomohl regulovat tlak a teplotu paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10.

Chod motoru na volnoběh

Při snížené zátěži motoru jako tomu je při chodu na volnoběh, se odpovídajícím způsobem omezují nároky motoru 24 na palivo PLNG. Za normálních provozních podmínek, tedy tlaku a teplotě paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 je snížená spotřeba paliva PLNG přednostně kryta parami paliva PLNG přiváděného z akumulární palivové nádrže 10 přes parní výstupní vedení 11, parní vedení 9, výparník 20 (pouze průtokem), kapalinové vedení 4 a regulátor paliva 22 při zavřeném kapalinovém solenoidovém ventilu 18.

Pokud je tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 pod normálním provozním tlakem, jsou páry paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 oproti kapalnému palivu PLNG bohatší na methan (a dusík). V případě, že je obsah dusíku v palivu PLNG významný, je výhřevná hodnota par paliva PLNG nižší než hodnota požadovaná pro hladký provoz motoru 24. V takových případech je tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 pod normálním provozním tlakem, palivo PLNG pro chod na volnoběh se přivádí z kapalného paliva PLNG a regulátor paliva 22 se využívá k regulování vypařování malého množství kapalného paliva PLNG nutného k provozu motoru 24 na volnoběh. Současně se otevře parní solenoidový ventil 19, aby umožnil vypařenému palivu PLNG proudit do akumulární palivové nádrže 10 k vyrovnání tlaku. CPU 30 řídí přednostně posloupnost činnosti ventilů 18 a 19 tak, aby přiváděly patřičné množství vypařeného kapalného paliva PLNG do motoru 24 a tak řídí tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10.

Pokud je na druhé straně tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 vyšší než normální provozní tlak, rozdíl ve složení mezi parami paliva PLNG a kapalným palivem PLNG v akumulární palivové nádrži 10 se zmenší a rozdíl v hodnotě výhřevnosti dvou fází se odpovídajícím způsobem sníží. V tomto zvláštním případě přicházejí páry paliva PLNG přednostně přímo do akumulární palivové nádrže 10 přes parní výstupní vedení 11, parní vedení 9, výparník 20 (průchodem), kapalinové vedení 4 a regulátor paliva 22 do motoru 24, a tak se sníží tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 na normální provozní tlak.

Nastartování motoru

Hodnota výhřevnosti paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 při startování motoru 24 závisí na počátečním tlaku paliva PLNG, tj. tlaku bezprostředně před startováním. Čím je tlak nižší, tím je vyšší pravděpodobnost, že jsou páry paliva PLNG bohatší na těkavější složky jako je methan a dusík, oproti kapalnému palivu PLNG. Zvláště, pokud je obsah dusíku v parách paliva PLNG významný, může být hodnota výhřevnosti parní fáze paliva PLNG nižší než je nezbytné pro start motoru 24. Za takových tlakových podmínek je palivo PLNG pro start motoru 24 přiváděno přednostně z kapalného paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10.

CPU 30 je přednostně využíván k řízení posloupnosti činnosti ventilů 18 a 19, aby dodávaly příslušné množství příslušné fáze, tj. par nebo kapalného paliva PLNG a nepřímo odpovídající složení paliva PLNG do motoru 24.

Pokud se na druhé straně tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 zvýší, sníží se rozdíl ve složení mezi parami paliva PLNG a kapalným palivem PLNG odpovídajícím způsobem a rozdíl v hodnotě výhřevnosti mezi dvěma fázemi se odpovídajícím způsobem sníží. V tomto zvláštním případě jsou páry paliva PLNG přednostně přiváděny z akumulární palivové nádrže 10 přes parní vedení 9, výparník 20 (průchodem), regulátor paliva 22 a kapalinové vedení 4 do motoru, aby se snížil tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10.

Akumulační palivová nádrž

Nyní podle obr. 3: akumulární palivová nádrž 10 je přednostně zhotovena tak, aby minimalizovala vyzařování kapalného paliva PLNG. V jednom s případů, je akumulární palivová nádrž 10 vakuově izolována izolační vakuovou mezerou 33, aby se minimalizovala konvekční netěsnost a to vhodným pokrytím vnějšího povrchu 34 proti velkému vyzařování a minimalizaci vyzařovaných tepelných úniků vnitřní nádoby 35. Pouze pro tento případ příkladu, který nikterak neomezuje tento vynález, může pokrytí vnějšího povrchu 34 proti velkému vyzařování sestávat z jediné vrstvy obalu z mylaru pokoveného hliníkem. To podstatně omezuje vnikání tepla do akumulární palivové nádrže 10 vedením tepla a pronikáním do nádoby 35. V tomto případě, se celkové pronikání minimalizuje použitím dvou dvouúčelových vedení - kapalinového vedení 8 a parního vedení 9. Kapalinové vedení 8 se používá jak k plnění, tak k

vypouštění kapalného paliva PLNG z akumulční palivové nádrže 10; parní vedení 9 se používá jak k plnění, tak k vypouštění par paliva PLNG z akumulční palivové nádrže 10. Jak je konstruktérům kryogenních zařízení známo, tyto speciální konstrukční strategie minimalizují, avšak zcela neodstraní průniky tepla do akumulční palivové nádrže 10. Z toho vyplývá, že pokud není motor 24 (obr. 1) v provozu, tak jako tomu je při parkování a nepoužívání vozidla s motorem 24, dochází k trvalému vyvařování paliva PLNG z akumulční palivové nádrže 10. Trvalé vyvařování má za následek vzrůst tlaku paliva PLNG v akumulční palivové nádrži 10. Návrhový tlak akumulční palivové nádrže 10 je v jednom z řešení optimalizován na časovou maximalizaci udržení paliva PLNG a minimalizaci hmotnosti akumulční palivové nádrže 10. Vyšší hmotnost akumulční palivové nádrže 10 vede ke snížení spotřeby paliva (tj. počet mil na galon) provozem. Akumulační palivová nádrž 10 není konstruována na to, aby v ní byl plný tlak vzniklý úplným vypařením a ohřátím paliva PLNG v akumulční palivové nádrži 10 na okolní teplotu, protože by to mělo nadměrně špatný dopad na spotřebu paliva. Proto se zavádí odvětrávací mechanismus.

Odvětrávání paliva

Akumulační palivový a přívodní systém podle tohoto příkladu se přednostně vybavuje odvětrávacím mechanismem, kdy se páry paliva PLNG odvětrávají z akumulční palivové nádrže 10, ale neuvolňují se do atmosféry. V jednom z případů se k tomu používají dvě úrovně ochrany. V první je akumulční palivová nádrž 10 zkonstruována nejlépe tak, aby umožnila ustavení dvojnásobně většího tlaku než je provozní tlak. V závislosti na počáteční hladině kapalného paliva PLNG v akumulční palivové nádrži 10 se při tomto vysokém návrhovém tlaku ponechá kapalina nejméně po dobu deseti dnů vyvařovat a ustavit rovnováha, tj. nejméně deset dnů se akumulční palivový a přívodní systém nepoužívá bez nutnosti odvětrávat páry paliva PLNG z akumulční palivové nádrže 10. V méně obvyklém případě při delším období nepoužívání akumulční palivové nádrže 10, se může v této nádrži naplněné kapalným palivem PLNG přesáhnout návrhový tlak. Palivová absorbční patrona 36 zajistí způsob, jak uvolnit nadbytečný tlak, který je nad návrhovým tlakem.

Nyní k obr. 3: palivová absorbční patrona 36 je připojena k akumulční palivové nádrži přes parní výstupní vedení 11 a parní vedení 9. Normálně otevíratelný

solenoidový ventil 38 je integrální součástí palivové absorbční patrony 36. Palivová absorbční patrona 36 je přes to oddělená od par paliva PLNG z akumulární palivové nádrže 10 a parního vedení 9 kontrolním ventilem 37. Seřizovací tlak CPU 30 pro otevření kontrolního ventilu 37 závisí na konstrukčním tlaku akumulární palivové nádrže 10. Kontrolní ventil 37 je konstruován tak, aby umožnil průtok par paliva PLNG pouze z akumulární palivové nádrže 10 do palivové absorbční patrony 36 a zabránil zpětnému proudění par paliva PLNG přes parní vedení 9 do motoru 24 nebo akumulární palivové nádrže 10. V jednom z řešení obsahuje palivová absorbční patrona 36 adsorbent jako je aktivní uhlí 39, schopné přednostně absorbovat za okolní teploty a tlaku více než 150 násobek svého objemu. Množství par paliva PLNG adsorbovaného na aktivní uhlí 39 se mění podle teploty a tlaku, kterému je adsorbční aktivní uhlí 39 vystaveno. Adsorbční kapacita adsorbčního aktivního uhlí 39 na páry paliva PLNG se zvyšuje se snižující se teplotou palivové absorbční patrony 36. Adsorbční kapacita adsorbčního aktivního uhlí 39 pár paliva PLNG se také zvyšuje se zvyšujícím se tlakem v palivové absorbční patroně 36. Ve vysoce nepravděpodobném a extrémním případě, kdy tlak v akumulární palivové nádrži 10 přesáhne návrhovou hodnotu, jsou páry PLNG odvětrány do palivové absorbční patrony 36, aby se umožnilo další ustavení tlaku. V jednom z případů může být palivová absorbční patrona 36 použita pro málo pravděpodobný případ jako nouzové odvětrání při prodloužené době nevyužívání následující po načerpání. Jako součást běžné údržby motoru se palivová absorbční patrona 36 po takovéto dlouhé době nepoužívání vyměňuje. V takovém případě je cena výměny minimální, protože palivovou absorbční patronu 36 lze po jednoduché regeneraci adsorbčního aktivního uhlí 39 ohřátím znovu použít. Normálně otevřený solenoidový ventil 38 zůstává před a během odstraňování palivové absorbční patrony 36 uzavřený až do otevření při regeneraci.

V jiném případě tohoto vynálezu je palivová absorbční patrona 36 aktivní součástí akumulárního palivového systému PLNG a je tudíž jednoduše palivovou absorbční patronou 36 pro další uložení paliva PLNG. V tomto případě má palivová absorbční patrona 36 s adsorbčním aktivním uhlím 39 regenerační topný článek (na výkresech neznázorněno). Kontrolní ventil 37 se vymění za normálně uzavíratelný solenoidový ventil (na výkresech neznázorněno), který se otevírá, pokud tlak v akumulární palivové nádrži 10 dosáhne předem stanovené nastavené hodnoty, nejlépe

dostatečně pod návrhový tlak, aby ustavil průtok par paliva PLNG do palivové absorbční patrony 36. Jakmile jednou tlak paliva PLNG v akumulární palivové nádrži 10 poklesne pod tlak par paliva PLNG v palivové absorbční patroně 36, zabudovaný regenerační topný článek v palivové absorbční patroně 36 začne absorbční aktivní uhlí 39 regenerovat a převádět páry paliva PLNG zpět do akumulární palivové nádrže 10 k jejich následnému přivádění do motoru 24.

Vozidla plněná PLNG systémy a akumulárními palivovými a přívodními systémy podle vynálezu, nabízejí akční rádius mezi jednotlivými čerpáními srovnatelný s běžnými benzinovými motory. Nižší úložný tlak v porovnání s CNG a vysokoteplotním ukládáním v porovnání s LNG minimalizuje bezpečnostní hlediska. V protikladu s vysokotlakým ukládáním PLNG, je umožněn přívod paliva do středotlakých vstřikovacích trysek a tím se eliminuje nutnost komplexního a nákladného přívodního systému vyžadujícího kryogenní čerpadla nutná pro LNG. Oproti LPG má konečně PLNG základ v zemním plynu s dostatečnou možností dodávek po celém světě.

Zatímco předchozí vynález byl popisován jako jeden nebo více případů, kterým se dávala přednost, odborníci z oboru poznají, že lze provádět i různé další změny, úpravy, doplňky a využití, než ty, které zde byly uvedeny, ovšem bez toho, že by tím byl nějak obcházen rozsah vynálezu, který je stanoven v následujících patentových nárocích.

Slovníček výrazů:

Transformační teplota Ac_1 :	teplota při které se začíná během zahřívání vytvářet austenit;
Transformační teplota Ac_3 :	teplota, při které je během zahřívání ukončena přeměna ferritu na austenit;
Transformační teplota Ar_1 :	teplota, při které se během ochlazování ukončuje přeměna austenitu na ferrit nebo ferrit plus cementit;;
Transformační teplota Ar_3 :	teplota, při které během ochlazování začíná přeměna austenitu na ferrit;
Kryogenní teplota:	jakákoliv teplota nižší než přibližně -40 °C (-40 °F);
CTOD:	změna rozměrů trhliny;
CVN:	vrubová houževnatost podle Charpyho;
DBTT:	teplota přechodu z tažného do křehkého stavu odděluje dvě lomové charakteristiky u strukturních ocelí; při teplotě pod DBTT je tendence k nízkoenergetickým štěpným (křehkým) lomům, zatímco při teplotách nad DBTT je tendence k vysokoenergetickým tvárným lomům;
základní:	v podstatě 100 % obj.;

Gm ³ :	miliarda kubických metrů;
GMAW:	obloukové svařování kovem pod ochrannou atmosférou;
vytvrzující částice:	jedna nebo více ϵ -Cu, Mo ₂ C nebo karbidy a karbonitridy niobu a vanadu;
HAZ:	zóna ovlivněná teplem;
oblast interkritické teploty:	přibližně od transformační teploty Ac ₁ do transformační teploty Ac ₃ při ohřevu a přibližně od transformační teploty Ar ₃ do přibližně transformační teploty Ar ₁ při ochlazování;
K _{IC} :	součinitel intenzity kritického napětí;
kJ:	kilojoul;
kPa:	tisíc Pascalů;
ksi:	tisíc liber na čtvereční palec;
nízkolegovaná ocel:	ocel obsahující železo a celkově méně než 10 % hmot. legujících přísad;
MA:	martenzit - austenit;
maximálně povolená velikost trhliny:	kritická délka a hloubka trhliny;

Mo ₂ C:	forma karbidu molybdenu;
MPa:	milion Pascalů;
Transformační teplota M _s :	teplota při níž během ochlazování nastává transformace austenitu na martenzit;
otevřený (platí pro ventil):	alespoň částečně otevřený, pokud není stanoveno jinak;
PLNG:	stlačený zkapalněný zemní plyn;
převážně:	nejméně okolo 50 procent obj.;
ppm:	dílů na milion dílů;
psia:	liber na čtvereční palec - absolutní;
kalení:	o urychlené ochlazování takovým způsobem, kdy vybraná kapalina zvýší rychlost ochlazování oceli oproti ochlazování na vzduchu;
rychlost kalení (ochlazování):	rychlost ochlazování ve středu nebo v podstatě ve středu tloušťky plechu;

Teplota při zastavení kalení:	nejvyšší nebo v podstatě nejvyšší teplota, které dosáhne povrch plechu, když se zastaví kalení, protože dochází k převodu tepla ze středu tloušťky plechu;
QST:	teplota při zastavení kalení;
tabule:	ocelový kus mající libovolné rozměry;
TCF:	trilion kubických stop;
pevnost v tahu:	při zkoušce pevnosti to je poměr zátěže k ploše původního průřezu;
svařování TIG:	svařování wolframovými elektrodami v ochranné atmosféře argonu;
Teplota T_{nr} :	teplota, pod níž austenit nerekrystalizuje;
USPTO:	[United States Patent and Trademark Office] Patentový úřad Spojených Států;

svarek:

svařený spoj včetně: (i) svarového kovu, (ii) zóny ovlivněné teplem (HAZ) a (iii) základního kovu v „bezprostřední blízkosti“ HAZ. Část základního kovu nacházející se v „bezprostřední blízkosti“ HAZ a tím i jako součást svarku se mění v závislosti na faktorech odborníkům známým, a to například, a aniž by tím byl vyčerpán výčet těchto položek, na šířce svarku, rozměrech svařovaného tělesa, počtu svarků, které se mají na předmětu vytvořit a vzdálenostech mezi svarky.

Patentové nároky

1. Akumulační palivová nádrž vhodná pro používání v akumulčním palivovém a přívodním systému pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1035 kPa (150 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od $-123\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-190\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru, vyznačující se tím, že tato akumulční palivová nádrž je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).

2. Akumulační palivová nádrž vhodná pro použití v akumulčním palivovém a přívodním systému pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru, vyznačující se tím, že jmenovaná akumulční palivová nádrž je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu větší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).

3. Akumulační palivová nádrž vhodná pro použití v akumulčním palivovém a přívodním systému pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 4830 kPa (700 psia) a teplotě přibližně od $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-110\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru, vyznačující se tím, že tato jmenovaná akumulční palivová nádrž (i) je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a (ii) má odpovídající pevnost a lomovou houževnatost, aby mohla obsahovat stlačený zkapalněný zemní plyn.

4. Akumulační palivová nádrž vhodná pro použití v akumulacním palivovém a přívodním systému pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru, vyznačující se tím, že tato jmenovaná akumulacní palivová nádrž je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu nejméně okolo 1000 MPa (145 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).
5. Zásobník podle kteréhokoliv z nároků 1, 2, 3 nebo 4 vyznačující se tím, že jmenovaná ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahuje méně než 5 % hmotn. niklu.
6. Akumulační palivová nádrž vhodná pro použití v akumulacním palivovém a přívodním systému pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru, vyznačující se tím, že tato jmenovaná akumulacní palivová nádrž je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 6 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu nejméně 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).
7. Akumulační palivová nádrž vhodná pro použití v akumulacním palivovém a přívodním systému pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru, vyznačující se tím, že tato jmenovaná akumulacní palivová nádrž je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 3 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu nejméně okolo 1000 MPa (145 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).

8. Akumulační palivová nádrž podle kteréhokoliv z nároků 1, 2, 3, 4, 5 (nárok 5 je vícenásobně závislým nárokem), 6 nebo 7 zhotovená ohýbáním a vzájemným spojováním množiny samostatných plechů ze jmenované ultra vysoce pevné nízkolegované oceli vyznačující se tím, že spoje jmenovaného zásobníku mají pevnost v tahu větší než přibližně 900 MPa (130 ksi) a DBTT nižší než přibližně – 73 °C (-100 °F).
9. Akumulační palivová nádrž podle nároku 1 vyznačující se tím, že jmenovaná akumulace palivová nádrž je připojena k palivové absorpční patroně k odebírání par paliva PLNG odvětraného ze jmenované akumulace palivové nádrže, pokud tlak jmenovaného paliva PLNG ve jmenované akumulaci palivové nádrži přesáhne předem nastavený tlak.
10. Akumulační palivová nádrž podle nároku 9 vyznačující se tím, že palivová absorpční patrona obsahuje absorpční látku.
11. Akumulační palivová nádrž podle nároku 10 vyznačující se tím, že absorpční látkou je aktivní uhlí.
12. Akumulační palivová nádrž podle nároku 11 vyznačující se tím, že palivová absorpční patrona má alespoň jeden zabudovaný topný článek k regeneraci absorpční látky, kterou je aktivního uhlí.

13. Akumulační palivový a přívodní systém pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1035 kPa (150 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od $-123\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-190\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru.
14. Akumulační palivový a přívodní systém podle nároku 13 vyznačující se tím, že má alespoň jednu akumulaci palivovou nádrž, která je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).
15. Akumulační palivový a přívodní systém podle nároku 13 pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 4830 kPa (700 psia) a teplotě přibližně od $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-110\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru vyznačující se dále tím, že jmenovaný akumulaci palivový a přívodní systém má nejméně jednu akumulaci palivovou nádrž, která je (i) zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a (ii) má odpovídající pevnost a lomovou houževnatost, aby v ní mohl být PLNG.

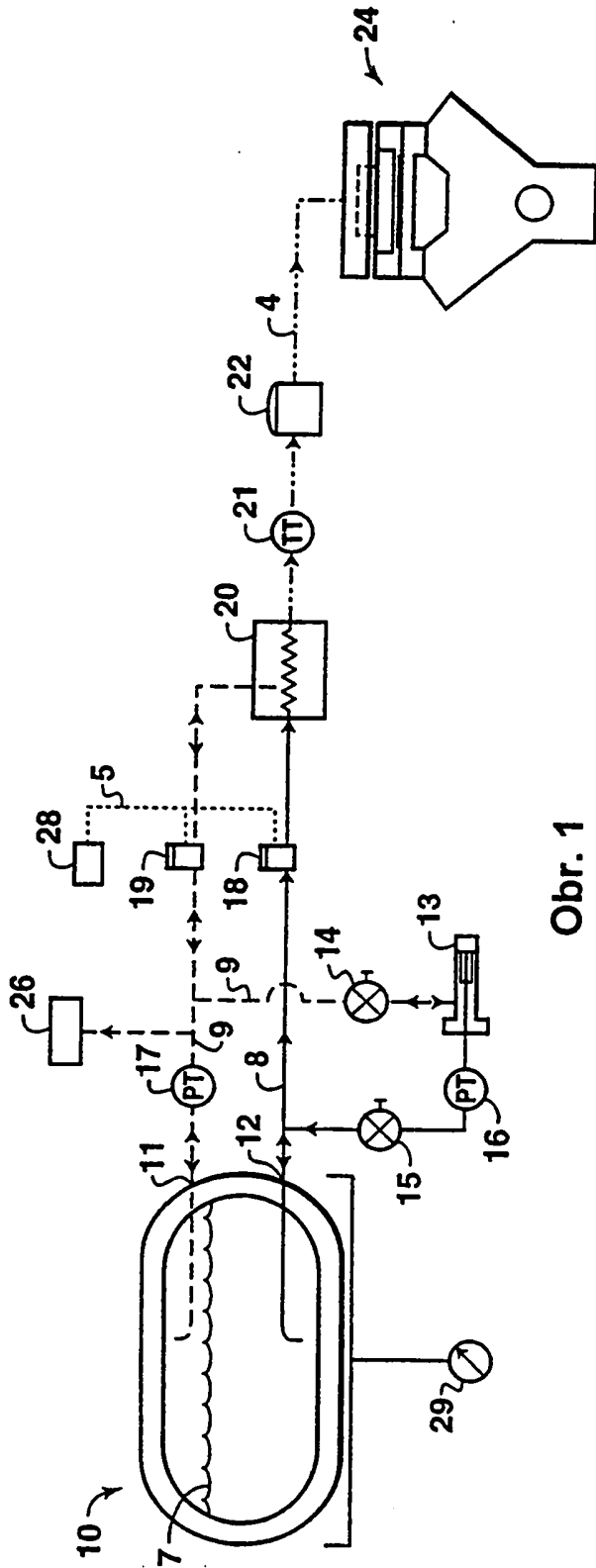
16. Akumulační palivový a přívodní systém pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1035 kPa (150 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od $-123\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-190\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-80\text{ }^{\circ}\text{F}$) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru vyznačující se tím, že akumulací palivový a přívodní systém má:
- a) alespoň jednu akumulací palivovou nádrž;
 - b) plnicí a odplyňovací ventil k umožnění převodu paliva PLNG mezi jmenovanou akumulací palivovou nádrží a čerpací stanicí;
 - c) kapalinové vedení k umožnění proudění kapalného paliva PLNG ze jmenované akumulací palivové nádrže do výparníku;
 - d) parní vedení k umožnění proudění vypařeného paliva PLNG ze jmenované akumulací palivové nádrže do jmenovaného výparníku;
 - e) palivové vedení k umožnění proudění vypařeného paliva PLNG ze jmenovaného výparníku do jmenovaného motoru; a
 - f) regulátor paliva k regulaci proudění vypařeného paliva PLNG ze jmenovaného výparníku do jmenovaného motoru.
17. Akumulační palivový a přívodní systém podle nároku 16 vyznačující se tím, že nejméně jedna z akumulací palivových nádrží je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a mající pevnost v tahu vyšší než 830 MPa (120 ksi) a DBTT nižší než přibližně $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-100\text{ }^{\circ}\text{F}$).
18. Akumulační palivový a přívodní systém podle nároku 16 pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 4830 kPa (700 psia) a teplotě přibližně od $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-170\text{ }^{\circ}\text{F}$) do přibližně

–79 °C (-110 °F) a přivádění vypařeného paliva PLNG k odběru pro spalování v motoru, vyznačující se tím, že alespoň jedna z akumulčních palivových nádrží je (i) zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 9 % hmotn. niklu a (ii) má odpovídající pevnost a lomovou houževnatost, aby v ní mohl být jmenovaný PLNG.

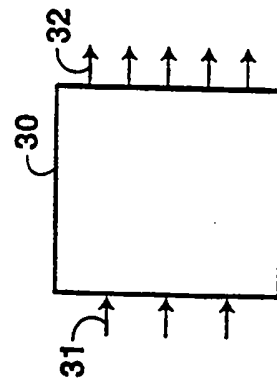
19. Nádrž pro ukládání stlačeného zkapalněného zemního plynu (PLNG) při tlaku od přibližně 1725 kPa (250 psia) do přibližně 7590 kPa (1100 psia) a teplotě přibližně od –112 °C (-170 °F) do přibližně –62 °C (-80 °F) vyznačující se tím, že jmenovaná nádrž je zhotovena z materiálu, kterým je ultra vysoce pevná nízkolegovaná ocel obsahující méně než 2 % hmotn. niklu a mající odpovídající pevnost a lomovou houževnatost, aby v nich mohl být jmenovaný stlačený zkapalněný zemní plyn.

20.03.00

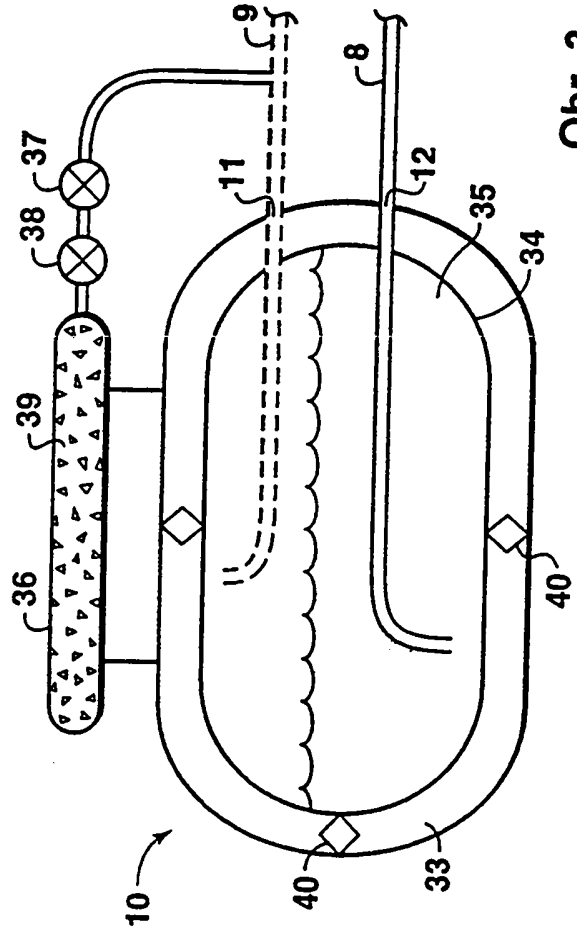
1/2



Obr. 1

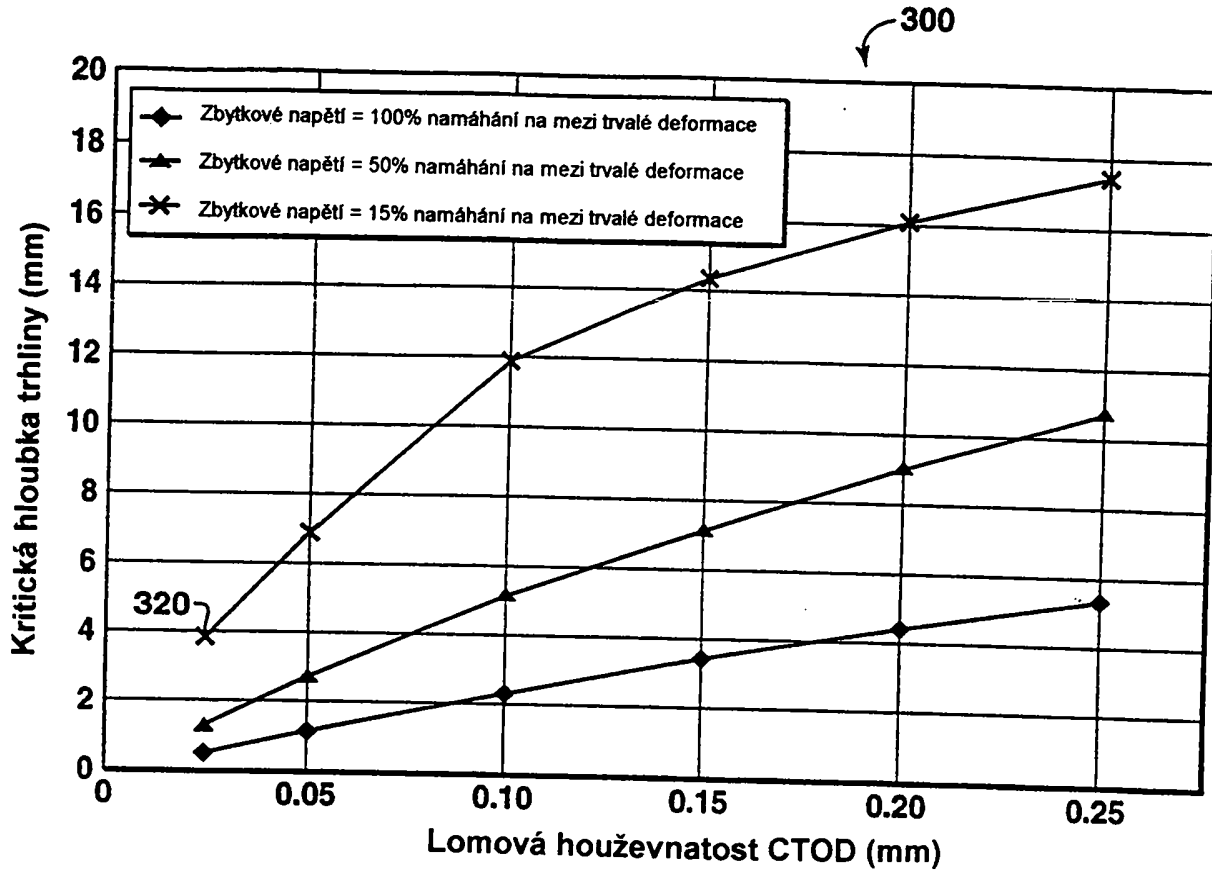


Obr. 2

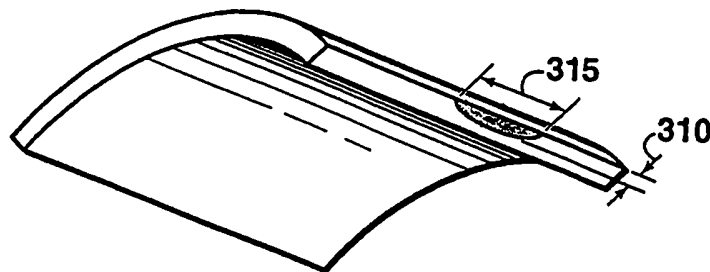


Obr. 3

2/2



Obr. 4A



Obr. 4B