



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

235022
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
B 21 C 37/06

(22) Přihlášeno 27 07 82

(21) (PV 5673-82)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 11 09 81
(P 31 35 966.3)

Německá spolková republika

(40) Zveřejněno 13 08 84

(45) Vydáno 15 02 87

(72)

Autor vynálezu

GROSS HEINZ dipl.-ing., DORTMUND, KOCH FRIEDRICH-OTTO dipl.-ing.,
UNNA-MASSEN, PEECK ADOLF dr., HAMM,
WENNEMANN WERNER, DORTMUND (NSR)

(73)

Majitel patentu

HOECHST WERKE AKTIENGESELLSCHAFT, DORTMUND (NSR)

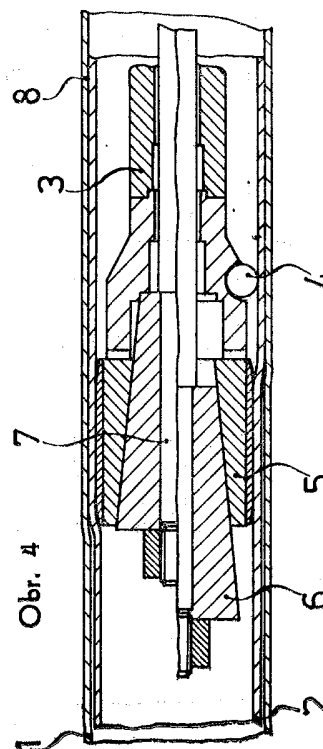
(54) Vícevrstvá, štěrbiná prostá ocelová trouba a způsob její výroby

1

Navrhuje se vkládat více trub se šroubovým švem o různém průměru do sebe a mechanicky je rozpínat do vícevrstvé trouby tak, že ve vnitřní troubě po následném uvolnění zůstává tlakové napětí, což působí proti korozi z trhlín způsobených pnutí.

Lze tak výhodně kombinovat přednosti trub se šroubovým švem, to je levnou výrobu velkých průměrů, přednosti z hlediska vzniku a šíření trhlín, s výhodami lamelové nebo vrstvené výroby trub, to je s velkou zatížitelností vnitřním tlakem při použití tenkých, cenově příznivých ocelových pásů o různé pevnosti.

2



Vynález se týká vícevrstvé šterbiny prosté ocelové trouby a způsobu její výroby.

Je již známé, že trouby vyrobené lamelováním nebo vrstvením odolávají vysokým vnitřním tlakům. Proto se často spojují dvě do sebe zasunuté trouby tažením k získání vícevrstvé trouby, jak je to například popsáno v DOS 2 501 156 a v patentu US 4 125 924. Tento způsob výroby je omezen možnostmi zařízení jen na malé průměry trub s homogenním povrchem.

Jiná možnost výroby vícevrstvých trub je popsána v DOS 3 000 665. Zde je popsáno rozšiřování vnitřní trubky ocelovou koulí, která se protlačuje trubkou. Tímto způsobem lze však rovněž vyrábět jen vícevrstvé trouby o malém průměru a s hladkým vnitřním povrchem.

Pro vysokotlaké trouby o velkém průměru se již proto delší dobu používají bandážované trouby, popsané například v patentu DE 936 981, kde se roura rozpíná tlakem kapaliny do volně nasunutých obručí. Hlavní nevýhoda tohoto způsobu spočívá v tom, že trouba se může mezi obručemi vyhoulit, protože nelze zcela odstranit nepatrné rozdíly v tloušťce stěny nebo jiné nepřesnosti, v důsledku čehož nelze dosáhnout konstantně stejného průměru trouby.

Uvedený nedostatek odstraňuje způsob podle patentu DE 548 576, podle kterého se navrhuje způsob výroby vícevrstvé konstrukce pro vysokotlaké trouby o velkém průměru s podélným svarovým švem, které místo obručí mají podélné pláště s podélnými svarovými švy, do nichž se trubky rozpínají tlakem kapaliny. Tento systém je výhodný i tím, že současně využívá efektu úpravy materiálu zpevněním za studena, avšak jeho rozhodující nedostatek spočívá v tom, že ty části trouby, které vyčnívají přes plášť, je třeba odřezávat, čímž se stává tato vícevrstvá trouba nevhodnou.

Podobný způsob je popsán v „Hooped“ Pipe — Pipeline and Gas Journal, listopad 1973. Podle něho se odstraňuje uvedený nedostatek odpovídající úpravou hydraulického rozpínacího procesu.

Tímto způsobem lze vyrábět za studena zpevněné vysokotlaké trouby, například pro plynová potrubí, až do průměru 1 422 mm a do tloušťky stěny 16 mm při mezi průtažnosti materiálu až 412 MPa pro rozpínanou troubu.

Větší průměry trub a vyšší provozní tlaky než 4,5 MPa se nepovažují za možné, co znamená, že nelze splnit požadavky, které jsou dnes pro dálkové plynovody s provozními tlaky 7 MPa a v budoucnosti přes 10 MPa samozřejmostí.

Další nevýhoda tohoto systému spočívá v tom, že vnější trubky, to je pláště, neodpovídají délce vnitřních trubek a proto není možné hotovou vícevrstvou troubu podrobit obvyklé zkoušce vodním tlakem nebo zkoušce na zničení celého tělesa trouby.

Mimoto vyžaduje tento systém speciální bandážování potrubí v oblasti spojování tupým svarem, jak je to znázorněno například ve francouzském patentovém spise číslo 2 262 246. Tento způsob je také v přímém rozporu se značnou automatizací procesu svařování na tupo, který se provádí prostřednictvím obvyklých zařízení, používaných všemi podniky, které ukládají potrubí. Mimoto vznikají problémy s přilnavostí vnější izolace potrubí, která se u potrubních systémů vždy vyžaduje, aby se snížilo nebezpečí koroze ocelového potrubí. Na nedostatky hydraulického rozpínání při vadách v obrobci bylo již poukázáno.

Další nevýhoda tohoto systému spočívá v tom, že se u něj používají trouby s podélným švem. Vzhledem ke své ovalitě a nerovnosti je třeba alespoň vnitřní trubky před vložením do plášťové trubky zaoblovat, jak je patrné z „Hooped Pipe“ — Pipe Line Industry, leden 1975. Podle tohoto dalšího zdokonalení má být možné vyrábět trouby až do dvou metrů v průměru a v tlakových stupních až do 15 MPa jako vícevrstvé trouby s podélným švem, avšak vzhledem k nezbytnému použití zaváděcích konců pro tři válcové ohýbací stroje se zde dosahuje nevhodně krátkých délek. Rozpínání je zde možné tlakem kapaliny až do 90 % meze průtažnosti vnější trouby, přičemž mez průtažnosti vnitřní trouby nesmí překročit 412 MPa.

Varianty tohoto systému však přesto vykazují dvě výhody, které vynález využívá. V první řadě je to ta skutečnost, že pro vnější troubu a pro vnitřní troubu lze používat materiály o různé pevnosti a s různou tloušťkou stěny. Na vnitřní troubě se po rozepnutí vytvářejí tlaková napětí, jejichž výhody budou ještě uvedeny v dalším popise; těmto výhodám nebyla dosud věnována žádná pozornost.

Další známá metoda výroby vícevrstvých ocelových trub je popsána v evropském patentu č. A1-0015712. U této metody se vnější trouba zahřeje a vnitřní trouba podchladí, čímž se vytvoří rozdíl průměrů, a tak se umožní vsunutí trub. Potom se zajistí vyrovnání teplot při současném hydraulickém rozpínání vnitřní trouby. Nehledě na to, že tento způsob je použitelný toliko pro dvouvrstvé trouby, je vysoká spotřeba energie, ke které při tomto způsobu dochází, oprávněná toliko pro jinak problematické spojování vysoce legované vnitřní trouby nebo vnitřní trouby vyrobené z ušlechtilé oceli s vnější troubou, vyrobenou z levnější oceli.

Velkým problémem při šíření vnitřních tlaků v dálkových plynovodech o hodnotách nad 7 MPa je zajištění spolehlivosti proti vzniku a šíření trhlin. Je známé, že trhliny se šíří v ocelových potrubích rychlostí až 330 m/s a že zničí úplně několik kilometrů potrubí.

Byla již zveřejněna celá řada návrhů jak místně omezit tyto trhliny, například ovinutím normálních trub potrubí ocelovými lany (užitný vzor NSR č. 7 709 311).

Toto ovinutí plynových potrubí o typických rozměrech, to je o průměru 1 420 mm a tloušťce stěny 17,5 mm, se má podle návrhu provádět v proměnných roztečích od 9 m až do 200 m v šířce vždy nejvýše 2 m, což přirozeně podstatně znesnadňuje ukládání trub.

Mimoto se zde poškozuje izolace trub při navíjení, nebo je třeba vinutí zaizolovávat ručně při přerušení automatizovaného izolačního procesu.

Je rovněž známo, že trouby se šroubovicovým švem mají podstatně větší odpor proti šíření trhlín a proti vzniku trhlín, než trouby s podélným svarovým švem, protože mají vysokou vrubovou houževnatost ve směru hlavního pnutí, to je v obvodovém směru trouby, která je podle úhlu stoupání švu buď stejně velká, nebo jen o něco málo pod hodnotou pro směr válcování ocelového pásu. Tohoto efektu se využívá u trouby se šroubovicovým švem, která je vložena jako prvek pro zastavení trhliny do normálního jednotěnného potrubí, jak je to popsáno v patentu US 3 698 746.

Výhody lamelové konstrukce u vícevrstevných trub nejsou zřejmé.

I pro jiné, vynálezem rovněž využívané výhody trub se šroubovicovým švem, například využití kvalitních ocelových pásů o velké délce při kontinuální výrobě, byla již navržena výroba vícevrstevných vysokotlakých trub při současném tvarování a svařování více nad sebou uložených ocelových pásů, popsána v DAS 1 944 587, DAS 1 963 805 a DAS 2 745 389. Nehledě na vysoké strojní náklady, připouští tento způsob výroby jen ve velmi omezeném rozsahu, aby se ve vnitřní troubě vytvářelo tlakové napětí. Praxe dokonce ukázala, že u způsobu podle DAS 1 963 805 nevyhnutelně vznikají vzduchové mezery mezi vrstvami trub.

Toto tlakové napětí ve vnitřní troubě je samozřejmě u lamelové konstrukce žádoucí.

Jsou známá mechanická ústrojí pro rozpínání, která mohou rozpínat trouby o předem stanovenou hodnotu šířky roury. Pro výrobu trub se šroubovicovým švem s převýšením svarového švu na vnitřních troubách jsou speciálně přizpůsobené agregáty, popsané v DOS 2 627 172 a DOS 2 641 051; tyto agregáty vynález rovněž využívá.

Vynález si klade za úkol vyrobit zdokonalenou ocelovou troubu a navrhnout k tomu vhodný způsob, u kterého by byly navzájem spojeny výhody lamelové výroby trub, výhody trub se šroubovicovým švem z hlediska vzniku a šíření trhlín, jakož i jejich hospodárná výroba při využití cenově dostupných, ale vysoce odolných, termomechanicky válcovaných ocelových pásů, přičemž ocelová trouba má předně nastavitelný vněj-

ší průměr, dvě nebo více vrstev pro vytváření značných tlouštěk stěny pro vysokotlakové plynovody s provozním tlakem nad 8 MPa, je do značné míry odolná proti korozi sirovočínem a umožňuje využití rozdílných kvalit a tlouštěk materiálu pro vnitřní a vnější troubu při co nejmenších hodnotách rozpínání pro jednotlivé trouby.

Výše uvedené nevýhody nemá vícevrstvá šterbin prostá ocelová trouba, vytvořená ze samostatných do sebe mechanicky rozepnutých trub, jejíž podstata spočívá v tom, že její vnitřní trouba má napětí v tlaku a její vnější trouba má napětí v tahu, přičemž samostatné trouby jsou tvořeny termomechanicky válcovaným ocelovým pásem, spojeným do tvaru trouby šroubovicovým švem.

Podstata dalšího výhodného vytvoření spočívá v tom, že vnější trouba má mez průtažnosti vyšší než 450 MPa a vnitřní trouba má mez průtažnosti více než o 10 % nižší, než je mez průtažnosti vnější trouby.

Výhodná je rovněž taková úprava, kdy šroubovicové švy vnitřní trouby mají různý úhel stoupání.

Podstaty dalších výhodných řešení spočívají v tom, že šroubovicové švy vnější trouby mají vzhledem k šroubovicovým švům vnitřní trouby protisměrný úhel stoupání, případně že výšky stoupání šroubovicových švů vnější a vnitřní trouby jsou v dohotovené ocelové troubě stejné.

Uvedené nevýhody se odstraňují rovněž způsobem výroby vícevrstvé, šterbin prosté ocelové trouby vkládáním samostatných ocelových trub o různém průměru do sebe a následným rozpínáním vnitřním tlakem, přičemž podstata tohoto způsobu spočívá v tom, že jednotlivé ocelové trouby se vyrábí jako trouby se šroubovicovým švem o stejné délce s rozdílem ≤ 1 % mezi vnějším průměrem vnitřní trouby a vnitřním průměrem vnější trouby a trouby se šroubovicovým švem se po vložení do sebe průměrově přesně ovládaným mechanickým rozpínáním rozšíří na předem stanovený vnější průměr vícevrstvé ocelové trouby.

Podstaty dalších zdokonalení tohoto způsobu spočívají v tom, že jednak šroubovicové švy samostatných ocelových trub jsou svařeny tak, že alespoň na sebe dosedající povrchy trub jsou prosté svarových převýšení, jednak se vnější trouba rozpíná tlakem vyšším, než je její mez průtažnosti, a jednak se vnitřní a vnější trouby do sebe vkládají bez předchozí změny geometrie, zatímco povrchy, které na sebe ve vícevrstvé troubě dosedají, se před vkládáním zbaví okují.

Podstaty zdokonalujících variant způsobu podle vynálezu spočívají také v tom, že lokální vydutí na šroubovicových švech vnitřních trub se udržují nižší, než u vnějších trub, že samostatně zhotovené vnější trouby se odříznou kratší o předem stanovenou hodnotu než vnitřní trouby, přičemž tato

hodnota odpovídá hodnotě zkrácení vnitřní trouby, vzniklému jejím rozpínáním, že mezi vnitřní troubou a vnější troubou se před jejím rozpínáním vloží na konce trub homogenační fólie, že samostatně zhotovené trouby se šroubovicovým švem se před vložením do sebe podrobí samostatně kontrole základního materiálu, svarového švu a/nebo kontrole povrchu, a konečně v tom, že převýšení svarových švů uvnitř vnitřních trub se před vložením do vnější trouby odstraní opracováním.

Výhodou vynálezu je, že jsou využity všechny známé přednosti trouby se šroubovicovým švem pro účelnou výrobu vícevrstvého, štěrbín prostého potrubí, vysoce odolného proti vzniku trhlin a šíření trhlin, jakož i proti korozi v trhlínách při použití vysokých provozních tlaků a velkých průměrech trub.

Jako efektu se zde využívá zejména o sobě známé skutečnosti, že vnitřní strana trouby, na kterou působí tlakové napětí, je ne napadnutelná korozi sirovodíkem přítomným v přírodním plynu.

V důsledku známé větší dokonalosti geometrie trub se šroubovicovým švem ve srovnání s troubou s podélným švem, lze udržovat rozdíl mezi vnitřním průměrem vnější trouby proti vnějšímu průměru vnitřní trouby pod 1 %, což umožňuje vykonávat jen velmi malou deformační dráhu při rozpínání. Tím se podstatně zkrátí výrobní čas a omezí zdvih rozpínacího ústrojí a jeho velikost.

Mechanická rozpínací ústrojí lze ovládat po určité dráze, a tak seřídít přesný vnější průměr pro vícevrstvou troubu, což je při rozpínání tlakem kapaliny možné jen tehdy, použije-li se vnější forma. Mechanická rozpínací ústrojí vytvářejí i při různých tvrdostech materiálu v jedné vrstvě trouby štěrbín prosté vícevrstvé trouby, protože se jimi rozpíná nikoli v závislosti na tlaku, ale v závislosti na dráze. Při použití trub se šroubovicovým švem o stejné délce, se zřetelem na hodnotu zkrácení vzniklou rozpínáním, se dosahuje stejné délky vrstev vícevrstvé trouby, což má za následek, že tuto troubu lze při stavbě potrubí svařovat kruhovým švem a že nevzniká žádná ztráta materiálu odřezáváním přesahujících délek. Výhody těchto trub z hlediska vytváření trhlin vzhledem k příznivé poloze směru hlavního napětí ke směru válcování ocelového pásu byly již uvedeny. Takovou vícevrstvou troubu je možné současnou technikou bez problémů zhotovit až do 32 nebo 36 mm celkové tloušťky stěny, v případě například dvouvrstvé trouby; za tepla zpracovaný široký pás je až do zhruba 16 nebo 18 mm spolehlivě výrobitelný při kvalitě oceli X 70 podle API [American Petrol Institute] 5 LS, zhruba odpovídající normě DIN 17 172.

Tím lze pokrýt v budoucnu používané po-

trubní tlaky v plynových potrubích. Pokud by to bylo žádoucí, lze tuto tloušťku stěny vyrobit také třemi 11 mm tlustými, do sebe rozepnutými troubami se šroubovicovým švem.

Vysoce odolné termomechanicky válcované ocelové pásy jsou dražší se vzrůstajícím stupněm pevnosti. Proto je podle vynálezu účelné používat pro vnější troubu ocel s vysokou pevností a pro vnitřní troubu levnější oceli s menší pevností, přičemž podle požadavků, které jsou na potrubí kladeny, se volí vnitřní trouba s co nejmenší možnou pevností.

Zvláště efektivně lze používat vrstvené trouby, vytvořené z jednotlivých trub se šroubovicovým švem, proti šíření trhlin, pokud se šroubovicové švy jednotlivých vrstev trub kříží, to znamená, pokud je jejich úhel stoupání rozdílný nebo pokud je jejich stoupání dokonce protichůdné. Tím se klade šíření trhlin neustále podstatný odpor od jedné výšky stoupání ke druhé výšce stoupání, který vede k zastavení trhliny.

V některých případech je účelné po vyrobení hotové vícevrstvé trouby provést ještě jednou přezkoušení základního materiálu, to znamená oblasti mezi svarovými švy. K tomu by bylo účelné, aby svarové švy byly uspořádány pokud možno nad sebou. Aby se toho dosáhlo, musí výšky stoupání šroubovicových švů na vnitřní troubě v hotovém stavu souhlasit s výškami stoupání šroubovicových švů na vnější troubě, to znamená, že výšky stoupání musí volbou odpovídajících úhlů a šířek pásu před vložením vnitřní trouby do vnější trouby být příslušně rozdílné, aby bylo možné provést kontrolu i při popsaném podélném smrštění trubek při rozpínání.

Štěrbín prostá výroba trub vyžaduje za normálních okolností odstranění převýšení svarových švů. Podle vynálezu lze svařovat tak, že nevzniká žádné převýšení švu.

Podle vynálezu se vnější trouba při společném rozpínání s vnitřní troubou rozpíná nad její mez protažení. Výhoda tohoto opatření spočívá v tom, že rozdíl napjatosti mezi vnější troubou a vnitřní troubou se zvětší, čímž lze také zavádět do vnitřní trouby vyšší tlakové napětí.

Protože trouby se šroubovicovým švem mají přesné geometrické rozměry, není je třeba před vkládáním vyrovnávat nebo zaoblovat, což má příznivé důsledky pro rozdělení napětí ve vícevrstvé troubě. Napětí v samostatné troubě jsou rovnoměrně rozdělena již sama o sobě. Při vysokých požadavcích lze samostatné trouby před vkládáním zbavit okují. Mimo na sebe dosedající povrchy trub lze přirozeně upravit i ostatní plochy trouby, které budou izolovány. Podle výhodné formy způsobu podle vynálezu se udržují horní návarky v oblasti švů vnitřních trub nižší než u vnějších trub, aby bylo možné při vzájemném rozpínání

vložit návarky mezi sebe. Další výhodou je pochopitelně menší zvětšení průměru vnitřní trouby při nepatrném návarku.

Smrštěním po rozpínání se prodlouží vrstvy trub nepatrně v podélném směru. Tato skutečnost se bere na zřetel zkrácením vnější trubky vzhledem k vnitřní trubce při jejich samostatné výrobě, protože vzhledem k menší deformaci se vnější trouba více protahuje. Tak lze vyrobít vícevrstvou trubku přesně stejně dlouhou ve všech vrstvách. Výhoda tohoto opatření spočívá v tom, že takovou trubku lze snadněji podrobit 100% zkoušce tlakem vody a optické kontrole rozměrů a povrchu.

Pro spojení vícevrstevných trub do jednoho potrubí prostřednictvím společného kruhového švu pro všechny vrstvy je podle vynálezu výhodné, vloží-li se před vzájemným rozpínáním trubek mezi vrstvy trub na koncích trub kruhová homogenizační fólie. Taková kovová fólie činí zbytečným společné svařování vrstev trub mezi sebou nebo předběžné přivařování příruby před svařováním vícevrstvé trouby na tupo s ocelovým potrubím.

Výhodně se samostatně vyrobené trouby se šroubovicovým švem podrobí před jejich vzájemným vkládáním kontrole základního materiálu, svařovaného švu a kontrole povrchu, aby se zajistilo, že se do vícevrstevných trub nebudou zapracovávat trouby, které již samy o sobě mají nějakou chybu.

Pro zvýšení rychlosti práce při rozpínání by mohlo být výhodné nejprve odstranit případná převýšení svarového švu uvnitř nejvnitřnější trouby a potom uskutečnit rozpínání normálním rozpínacím ústrojím trub, to je bez spirálovitě upravených vybrání. Přitom lze pochopitelně používat u malých délek trub rozpínací ústrojí, které rozpíná celou troubu najednou, a ne tak, jak tomu bylo až dosud z důvodů snížení strojné technických nákladů přetržitým posouváním rozpínacího ústrojí v troubě.

Vynález je v dalším podrobněji vysvětlen ve spojení s připojenými výkresy.

Na obr. 1 jsou kvalitativně zobrazeny tolerance trub se šroubovicovým švem.

Obr. 2 představuje trouby se šroubovicovým švem o stejné výšce stoupání, avšak s navzájem posunutými šroubovicovými švy.

Na obr. 3 je znázorněna trouba se šroubovicovým švem o stejném stoupání a protilehlými šroubovicovými švy.

Na obr. 4 je znázorněno mechanické rozpínací ústrojí v činnosti.

Na obr. 5 je zobrazen příčný řez hlavou rozpínacího ústrojí podle obr. 4.

Na obr. 6 je schematicky zobrazen kvalitativní průběh rozpínání a uvolnění v diagramu napjatosti a protažení.

Na obr. 7 je schematicky znázorněn průběh rozpínacího a uvolňovacího procesu v diagramu napjatosti a prodloužení pro oceli kvality X 70 pro vnější troubu a X 63 pro

vnitřní troubu dvouvrstvé trouby, jakož i diagram tlaku a protažení pro tuto vícevrstvou troubu, přičemž kvality oceli jsou opět udány podle API (American Petrol Institute), protože s touto ocelí byly zkoušky prováděny.

Na obr. 1 jsou kvalitativně znázorněny možné odchylky trouby se šroubovicovým švem od teoreticky přesného tvaru. Na obrázku 1a je znázorněna odchylka přímosti od podélné osy, obr. 1b zobrazuje šroubovicové lokální vyduť, které vzniká ne zcela přesným ohybem hran ocelového pásu při výrobě samostatných trub se šroubovicovým švem po obou stranách šroubovicových švů. Obr. 1c znázorňuje možné odchylky ovality jednotlivých trub se šroubovicovým švem mezi sebou, zatímco obr. 1d zobrazuje odchylky od jmenovitého průměru trouby se šroubovicovým švem, které mohou vznikat například tolerancemi, například zakřivení pásů, které nelze zcela vyloučit.

Pro bezporuchovou výrobu například dvouvrstvé trouby, to je pro zajištění, že každá libovolná trouba z výroby vnitřních trub je vhodná pro zasunutí do každé libovolné trouby z výroby vnějších trub, je třeba uvést všechny geometrické tolerance v soulad. To je problém, který je dobře znám ze sériové výroby například v automobilovém průmyslu. V daném případě to znamená:

- vnitřní trouba s největším
- vnitřním průměrem
- ovalitou
- nepřímostí
- lokálním vyduťm

musí být vhodná pro vnější troubu s nejmenším

- vnějším průměrem
- největší ovalitou přesazenou o 90° vzhledem k vnitřní trubě
- nepřímostí
- lokálním vyduťm.

Obr. 3 znázorňuje dvě do sebe vložené trouby se šroubovicovým švem, bez převýšení švu na protilehlých površích před (obr. 3a) a po pínání (obr. 3b). Šroubovicové švy jsou uloženy libovolně proti sobě.

Pokud by v některých případech bylo lokální vyduť při samostatné výrobě trub se šroubovicovým švem neodstranitelné, lze podle obr. 2 při stejné výšce stoupání švů uspořádat vnitřní troubu vzhledem k vnější trubě tak, že se návary před rozeprnutím (obr. 2a) v rozeprnuté hotové trubě (obrázek 2b) uloží do sebe. Tyto vyvýšeniny jsou u hotové vícevrstvé trouby pochopitelně jen tehdy, pokud nedošlo k rozpínání daleko na zem protažení vnější trouby.

Obr. 4 znázorňuje mechanické rozpínací ústrojí v činnosti. Podpěrnou trubkou 3 se rozpínací ústrojí, které pojíždí na válečcích 4 posouvá ve vnitřní trubce 2 po přídržích podle délky lisovacích čelistí 5. Ve spodní části obr. 4 je znázorněna zasunutá poloha

lisovacích čelistí 5, které se radiálně posouvají prostřednictvím předpínacích klínů 6 a táhla 7 při posouvání rozpínacího ústrojí vpřed. V horní části výkresu je zobrazen proces rozpínání. Vnitřní trubka 2 se roztahuje tak dlouho, až její vnější plocha dosedne na vnitřní plochu vnější trubky 1. Potom, jak je to znázorněno, se obě trouby rozpínají na předem stanovený vnější průměr vícevrstvé trubky 8. Nepatrné zmenšení průměru vícevrstvé trubky 8 pružným zpětným odpružením není znázorněno.

Obr. 5 znázorňuje řez hlavou rozpínacího ústrojí při rozpínání vnitřní trubky 2. Lisovací čelisti 5 působí na stěnu vnitřní trubky 2 rovnoměrným tlakem.

Kvalitativní průběh rozpínacího procesu při výrobě dvouvrstvé trouby z vnitřní trouby, která má ve srovnání s vnější troubou menší mez pružnosti, je znázorněn na obrázku 6 v diagramu napjatosti a prodloužení. Napětí δ je naneseno proti prodloužení d , to je změnou průměru samostatné trouby a vícevrstvé trouby. Vnitřní trouba se mechanicky rozpíná, jak je to znázorněno plnou čarou, ze svého výchozího průměru, a to nejprve elasticky, až do bodu I, kdy její vnější průměr dosáhne hodnoty vnitřního průměru vnější trouby; rozdíl průměru Δd je překonán. Potom se rozpínají obě trouby společně dál.

Při dosažení průměru v bodě II, kdy je vnitřní trouba již plasticky protažena, je napětí ve vnější troubě větší než ve vnitřní troubě. Další protažení až na předem stanovený konečný průměr vícevrstvé trouby, vyznačený bodem III, zatěžuje vnější troubu rovněž až do plastické oblasti. Po ukončení rozpínání se vícevrstvá trouba uvolní; oba průměry trub se zmenší o konstantní

hodnotu. Ve vnější vrstvě, to je původní vnější troubě, zůstane zachováno tahové napětí, ve vnitřní vrstvě, to je původní vnitřní troubě, zůstane zachováno tlakové napětí. Rozdíl v napětí, to je lisovacím napětím δ_p , zabezpečuje trvalé spojení vrstev trouby.

Při rozpínání vnější trouby až do oblastí plasticity, jak je zde patrné, je lisovací napětí, to je bezpečnost proti oddělení obou vrstev trouby, větší než při zatížení vnější trouby jen pod mezí pružnosti.

Na obr. 7 jsou analogicky k obr. 6 znázorněny diagramy napjatosti a protažení odděleně pro vnější troubu z materiálu X 70 podle API (American Petrol Institute), který má mez pružnosti 485 MPa a pro vnitřní troubu z materiálu X 63 podle API (American Petrol Institute), který má mez pružnosti 434 MPa (obr. 7a, 7b). Při provozním tlaku o velikosti 75 % meze pružnosti (364 MPa) pro samostatnou vnější troubu by bylo ve vnitřní troubě napětí již nepřipustně vysoko nad její hodnotu 75 % (326 MPa). Přenesení poměrů do diagramu napjatosti a protažení (obr. 7c) pro vícevrstvou troubu o vnějším průměru 1 422 mm, o tloušťce stěny $2 \times 14,2 \text{ mm} = 28,4 \text{ mm}$ při mezeře mezi vnější troubou a vnitřní troubou 5,7 mm (0,8 % rozdílu průměru).

Při provozním tlaku až do 75 % meze pružnosti jsou obě vrstvy trouby zatěžovány jen v elastické oblasti, což představuje provozní tlak daleko přes 10 MPa. Lisovací napětí mezi oběma vrstvami trouby zůstává zachováno a tím i výhoda z hlediska koroze napěťových trhlin.

Analogicky k tomuto příkladu provedení lze přirozeně také vytvářet tři nebo více vrstev trub u vícevrstvé trouby.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Vícevrstvá, šterbin prostá ocelová trouba vytvořená ze samostatných do sebe mechanicky rozepnutých trub, vyznačená tím, že její vnitřní trouba má napětí v tlaku a její vnější trouba má napětí v tahu, přičemž samostatné trouby jsou tvořeny termomechanicky válcovaným ocelovým pásem, spojeným do tvaru trouby šroubovicovým švem.

2. Vícevrstvá, šterbin prostá ocelová trouba podle bodu 1, vyznačená tím, že vnější trouba má mez pružnosti vyšší než 450 MPa a vnitřní trouba má mez pružnosti více než o 10 % nižší, než je mez pružnosti vnější trouby.

3. Vícevrstvá, šterbin prostá ocelová trouba podle bodů 1 a 2, vyznačená tím, že šroubovicové švy vnitřní trouby a vnější trouby mají různý úhel stoupání.

4. Vícevrstvá, šterbin prostá ocelová trouba podle bodů 1 a 2, vyznačená tím, že šroubovicové švy vnější trouby mají vzhledem

k šroubovicovým švům vnitřní trouby protisměrný úhel stoupání.

5. Vícevrstvá, šterbin prostá ocelová trouba podle bodů 1 a 2, vyznačená tím, že výšky stoupání šroubovicových švů vnější a vnitřní trouby jsou v dohotovené ocelové troubě stejné.

6. Způsob výroby vícevrstvé, šterbin prosté ocelové trouby podle bodu 1 vkládáním samostatných ocelových trub o různém průměru do sebe a následným rozpínáním vnitřním tlakem, vyznačený tím, že jednotlivé ocelové trouby se vyrobí jako trouby se šroubovicovým švem o stejné délce s rozdílem $\leq 1 \%$ mezi vnějším průměrem vnitřní trouby a vnitřním průměrem vnější trouby a trouby se šroubovicovým švem se po vložení do sebe průměrově přesně ovládaným mechanickým rozpínáním rozšíří na předem stanovený vnější průměr vícevrstvé ocelové trouby.

7. Způsob podle bodu 6, vyznačený tím, že šroubovicové švy samostatných ocelových trub jsou svařeny tak, že alespoň na sebe dosedající povrchy trub jsou prosté svarových převýšení.

8. Způsob podle bodů 6 a 7, vyznačený tím, že vnější trouba se rozpíná tlakem vyšším, než je její mez průtažnosti.

9. Způsob podle bodů 6 až 8, vyznačený tím, že vnitřní a vnější trouby se do sebe vkládají bez předchozí změny geometrie.

10. Způsob podle bodů 6 až 9, vyznačený tím, že povrchy, které na sebe ve vícevrstvé troubě dosedají, se před vkládáním zbaví okují.

11. Způsob podle bodů 6 až 10, vyznačený tím, že lokální vydutí na šroubovicových švech vnitřních trub se udržují nižší než u vnějších trub.

12. Způsob podle bodů 6 až 11, vyznačený

tím, že samostatně zhotovené vnější trouby se odříznou kratší než vnitřní trouby o předem stanovenou hodnotu, přičemž tato hodnota odpovídá hodnotě zkrácení vnitřní trouby, vzniklému jejím rozpínáním.

13. Způsob podle bodů 6 až 12, vyznačený tím, že mezi vnitřní troubou a vnější troubou se před jejich rozpínáním vloží na konce trub homogenizační fólie.

14. Způsob podle bodů 6 a 7, vyznačený tím, že samostatně zhotovené trouby se šroubovicovým švem se před vložením do sebe podrobí samostatně kontrole základního materiálu, svarového švu a/nebo kontrole povrchu.

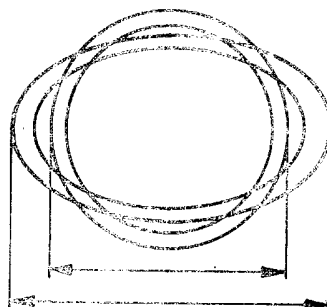
15. Způsob podle bodů 6 až 14, vyznačený tím, že převýšení svarových švů uvnitř vnitřních trub se před vložením do vnější trouby odstraní opracováním.



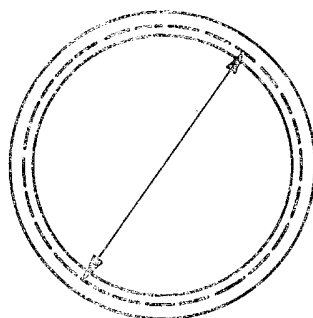
Obr. 1 a



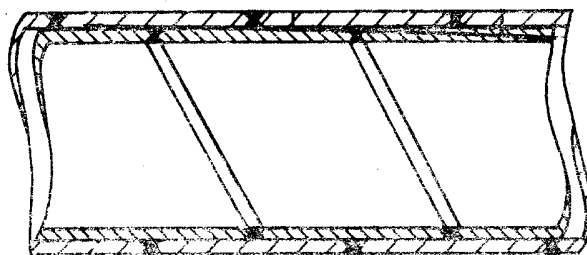
Obr. 1 b



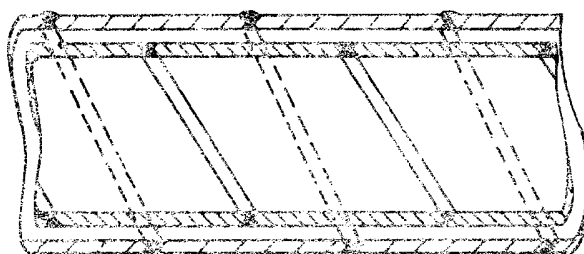
Obr. 1 c



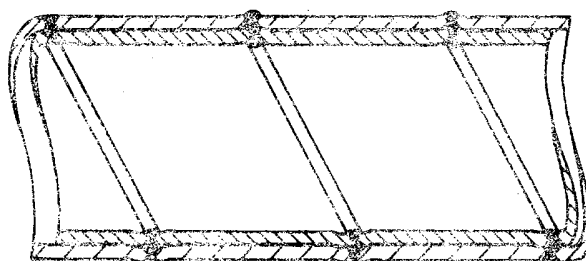
Obr. 1 d



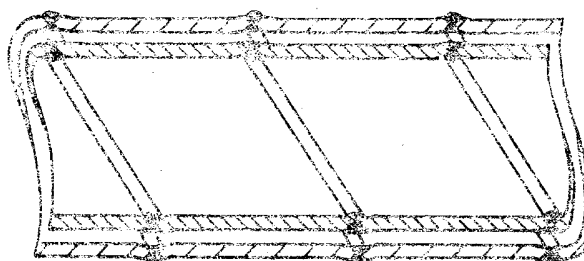
Obr. 3 b



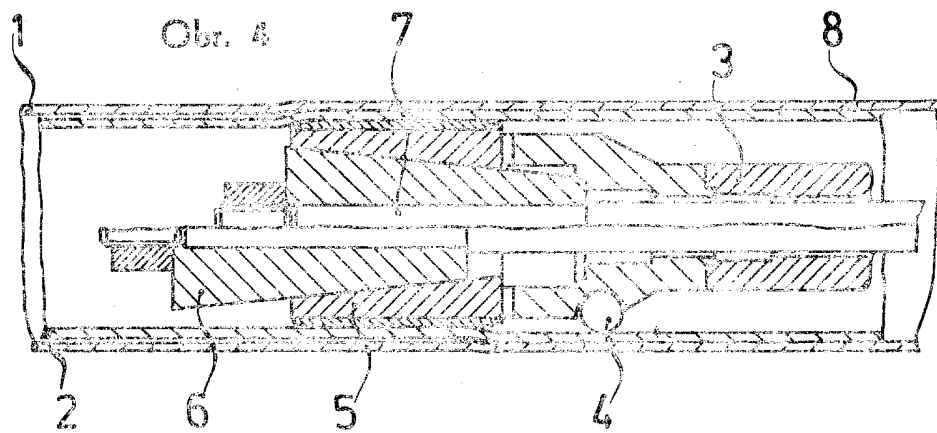
Obr. 3 a



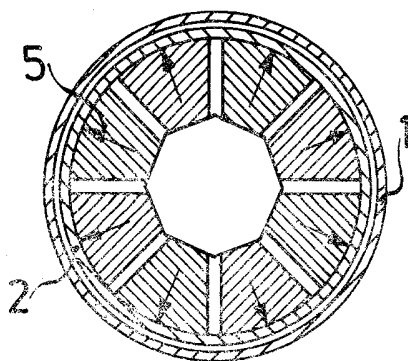
Obr. 2 b



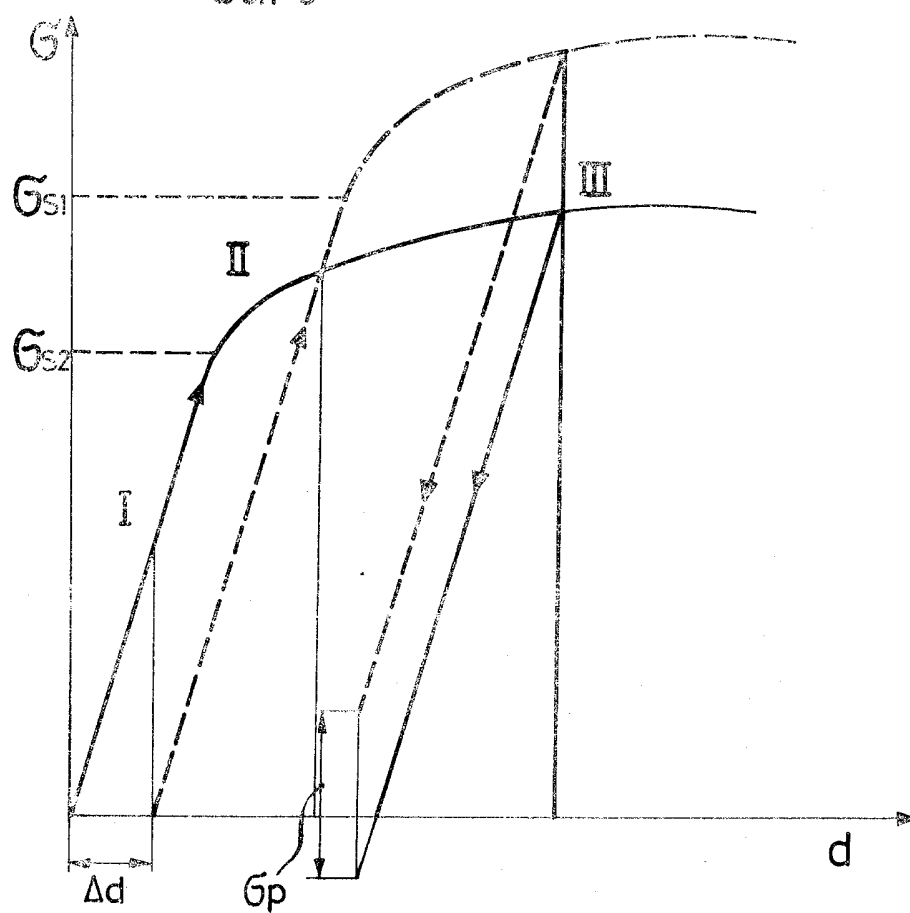
Obr. 2 a

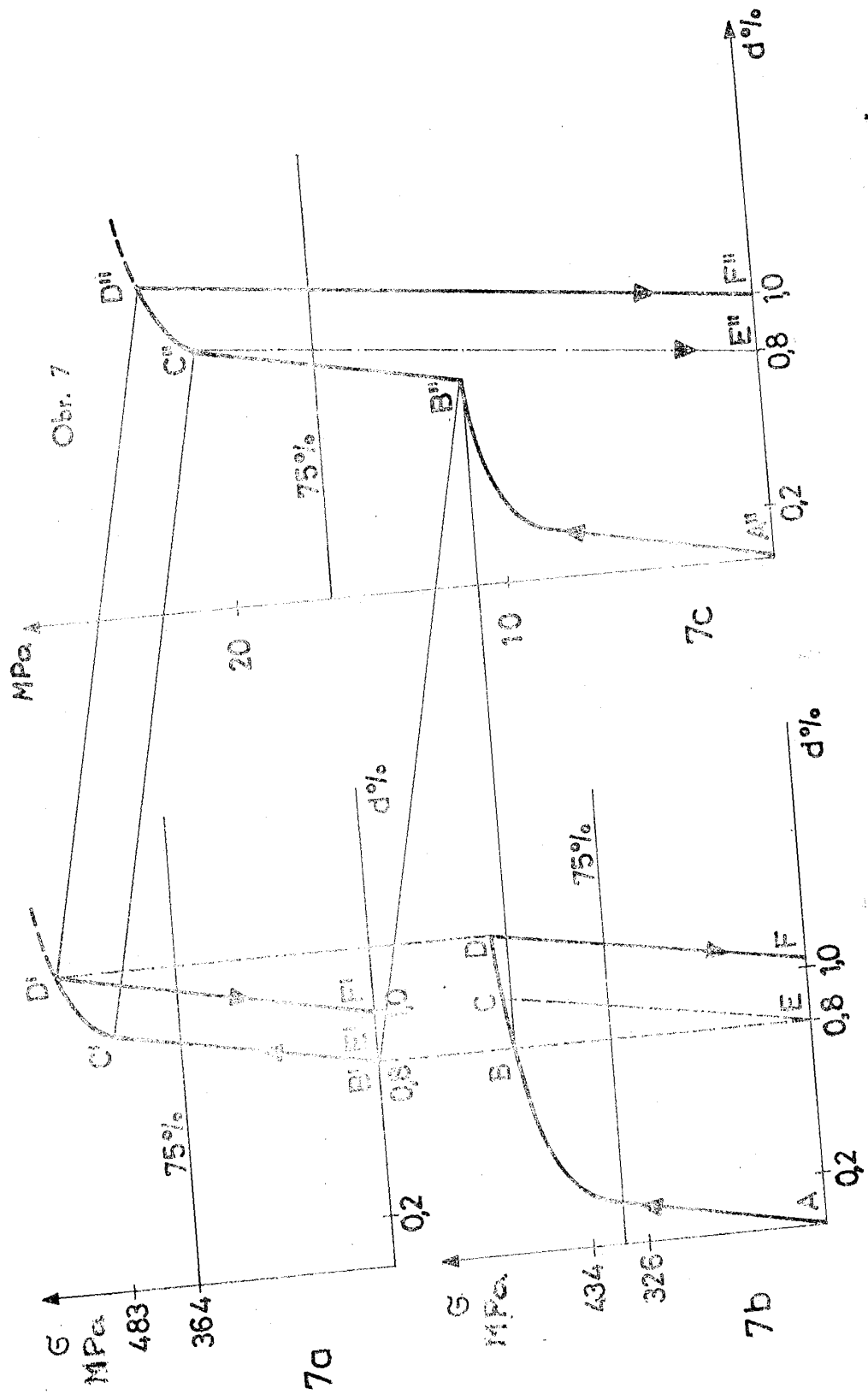


Obr. 5



Obr. 6





Opravy ve vytištěných popisech vynálezů

Ve vytištěném popisu vynálezu k patentu č. 235 022 (PV 5673-82),
je chybně vytištěno jméno majitele patentu

Správně Hoesch Werke Aktiengesellschaft , Dortmund (DE)

Tisk

[Handwritten signature]