



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

209174

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 14 05 79

(21) (PV 3286-79)

(40) Zveřejněno 28 11 80

(45) Vydáno 01 02 83

(51) Int. Cl.³
B 22 D 7/00
B 22 D 27/04

(75)

Autor vynálezu

DUBINSKIJ RUDOLF SOLOMONOVIČ ing.,
MEDOVAR BORIS IZRAJLEVIČ ing. a
BOJKO GEORGIJ ALEXANDROVIČ ing., KYJEV (SSSR)

(54) Způsob elektrostruskového tavení ingotu a zařízení k provádění tohoto způsobu

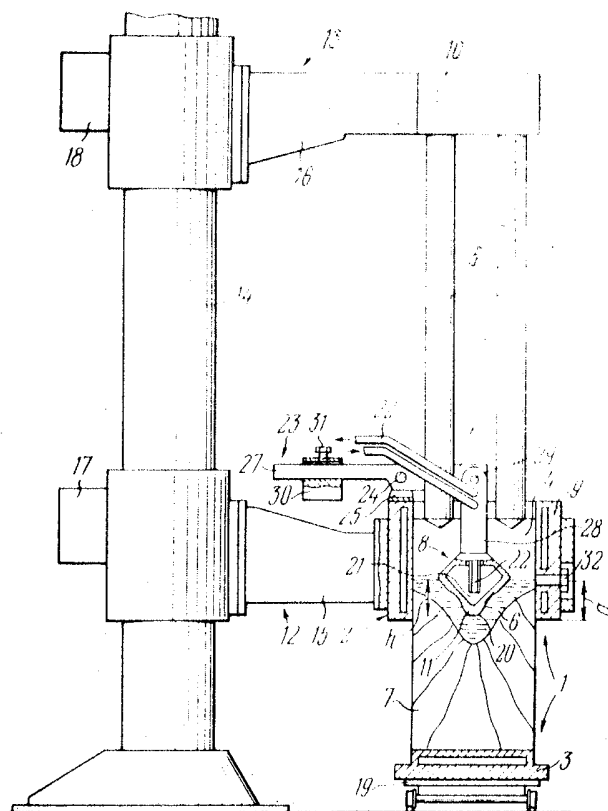
Anotace

Vynález řeší problém výroby rozměrných ocelových ingotů plného průřezu bez staženin, vycezenin, vměšků a jiných vad v jejich střední části.

Problém je řešen za použití chladicího tělesa, vloženého do tavicího prostoru, a to tak, že chladicí těleso se po vložení do tekuté kovové lázně pohybuje směrem vzhůru nejméně rychlostí tavení tekuté kovové lázně, tj. rychlostí stoupání její hladiny, načež po ukončení tavení se chladicí těleso z tekuté kovové lázně vytahuje, dříve než lázeň ztuhne.

Chladicí těleso je vytvořeno buď jako plovák, vznášející se v tekuté kovové lázni a stoupající s její hladinou, nebo je pevně spojeno se svisle pohyblivým chlazeným krystalizatorem a zvedá se současně s ním.

Vynález je vhodný pro výrobu rozměrných ocelových ingotů plného průřezu vysoké jakosti.



Obr. 2

Vynález se týká způsobu elektrostruskového tavení ingotů plného průřezu přetavováním nejméně jedné odtavovací elektrody v tavicím prostoru za vzniku tekuté kovové lázně, která se podle průběhu tavení pohybuje směrem vzhůru, přičemž se do tekuté kovové lázně vkládá chladicí těleso, uspořádané v ose souměrnosti tavicího prostoru, jakož i zařízení k provádění tohoto způsobu, v jehož tavicím prostoru, tvořeném chlazeným krystalizatorem a chlazenou podložkou, je v ose jeho souměrnosti uspořádáno chladicí těleso, upevněné na zvedacím ústrojí.

Při výrobě velkých ingotů plného průřezu elektrostruskovým tavením je velmi obtížné dosáhnout husté jemnozrnné struktury kovu v celém objemu ingotu. V průběhu krystalizace, při němž se zvyšuje hladina tekuté kovové lázně, a tak se vzdaluje od chlazené podložky, klesá chladicí účinek chladicí podložky a povrch ztuhlého kovu, který tvoří dno tekuté kovové lázně, dostává tvar nálevky. Tím vznikají příznivé podmínky pro odměšování nekovových složek, rozpuštěných v tekuté kovové lázni, do středu kovové lázně a vzniku vycezenin ve střední části ingotu.

Byly provedeny pokusy zabránit vzniku nálevkovitého tvaru dna tekuté kovové lázně působením elektromagnetického pole, ultrazvuku nebo mechanickými kmity, jimiž se má narušovat vznik velkých krystalů. Ukazalo se, že tyto způsoby jsou účinné pouze tehdy, pokud průměr ingotu není větší než 1,0 m a jeho výška 2,5 m. U ingotů větších rozměrů spotřebovávají tyto způsoby mnoho energie a jejich účinnost je vlivem velké hmotnosti lázně neuspokojivá.

Z britského patentového spisu č. 1 421 393 je znám způsob založený na řízené změně výkonu, přiváděného k jednotlivým odtavovacím elektrodám.

Každá odtavovací elektroda, případně skupina odtavovacích elektrod, je připojena na vlastní zdroj proudu. Po zahájení a ustálení tavicího procesu se proud a napětí, přiváděné k jednotlivé odtavovací elektrodě, případně ke skupině odtavovacích elektrod, střídavě snižuje a zvyšuje mezi zvoleným maximem a minimem. Tím se místo maximálního zahřátí struskové lázně přesouvá od jedné odtavovací elektrody ke druhé, takže vzniká homogení a jemnozrnná struktura přetavovaného kovu.

Tento známý způsob je možno použít k výrobě ingotů o velkých průměrech. Pozoruhodných výsledků lze však dosáhnout pouze u ingotů poměrně krátkých. K provádění způsobu je nutné zařízení s několika odtavovacími elektrodami.

Zařízení k provádění tohoto způsobu je složité, neskladné a nákladné. Zařízení musí být opatřeno několika zdroji proudu, přepínacím ústrojím se značným počtem vodičů. To způsobuje značné energetické ztráty a ztěžuje přístup k jednotlivým částem zařízení.

Známa jsou zařízení k elektrostruskovému tavení dutých ingotů. V těchto zařízeních se vyrábějí

duté ingoty s dobrou strukturou kovu, což je způsobeno tím, že uvnitř tavicího prostoru je umístěno chladicí těleso, nutné k formování dutiny uvnitř ingotu.

Z patentového spisu USA č. 3 807 487 je známo zařízení k elektrostruskovému tavení dutých ingotů, v jehož tavicím prostoru, tvořeném krystalizatorem a podložkou, je umístěno chladicí těleso tvaru trnu, které je kinematicky spojeno se zvedacím ústrojím.

Z pojednání: B. E. Paton, V. R. Děmčenko aj. „Matematické opisanie processa zatvrdževanja pologo elektroslakovoslitka“, zveřejněného v knize „Rafinurujuščije pereplavy“ vydané v Kijevě v druhém vydání v roce 1975 pod redakcí akademika B. E. Patona, na straně 35 a v obr. 2, je známo zařízení k elektrostruskovému tavení dutých ingotů s pohyblivým krystalizatorem, který se ve svém dolním postavení opírá o podložku a společně s ní vytváří tavicí prostor. V tomto případě však chladicí trn není spojen přímo se zvedacím zařízením, ale je pevně spojen s krystalizatorem, uspořádaným na zvedacím zařízení.

Chladicí trn je opatřen rameny, pomocí nichž je upevněn na horní čelní straně krystalizátoru a vyčnívá směrem dolů a jeho výška je větší, než výška krystalizátoru.

Tato známá zařízení jsou obvykle opatřena ukazatelem stavu hladiny tekuté kovové lázně, který je uspořádán v boku pohyblivého krystalizátoru a je spojen se zvedacím ústrojím krystalizátoru.

Tato známá zařízení nejsou použitelná pro výrobu plných ingotů, protože chladicí trn je v nich umístěn tak, že při tavení zůstává ponořen v tekuté kovové lázni a po jeho vytažení zůstává v ingotu dutina. Mimoto plocha chlazeného trnu, která je ve styku s tekutou kovovou lázní, je značná a je příčinou značných energetických ztrát.

Úkolem vynálezu je odstranit uvedené nedostatky.

Úloha je řešena způsobem elektrostruskového tavení ingotů plného průřezu přetavováním nejméně jedné odtavovací elektrody v tavicím prostoru za vzniku tekuté kovové lázně, která se podle průběhu tavení pohybuje směrem vzhůru, přičemž se do tekuté kovové lázně vkládá chladicí těleso, uspořádané v ose souměrnosti tavicího prostoru, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že chladicí těleso se po vložení do tekuté kovové lázně pohybuje směrem vzhůru nejméně rychlostí tavení kovové lázně, načež se po ukončení tavení z tekuté kovové lázně vytahuje. Rychlostí tavení kovové lázně se přitom rozumí rychlost, s jakou se zvedá hladina tekuté kovové lázně při procesu tavení.

Pro zajištění růstu krystalů ve střední oblasti ingotu v optimálním směru se chladicí těleso vkládá do tekuté kovové lázně podle vynálezu v okamžiku, kdy nejméně 75 % plochy rozhraní mezi tekutou kovovou lázní a ztuhlým kovem se sklání k vodorovné rovině pod úhlem 45°.

Aby se dosáhlo homogenní struktury ingotu,

ponořuje se podle vynálezu chladicí těleso do tekuté kovové lázně do hloubky, která činí nejvýše 60 % z hloubky tekuté kovové lázně v okamžiku zavedení chladicího tělesa do tekuté kovové lázně. Hloubkou tekuté kovové lázně se přitom rozumí vzdálenost hladiny tekuté kovové lázně od rozhraní mezi tekutou kovovou lázní a ztuhlým kovem v místě svislé osy souměrnosti tavicího prostoru.

Téhož účinku se podle vynálezu dosáhne i tím, že chladicí těleso se v okamžiku ponoření do tekuté kovové lázně ponořuje až na její dno, načež se zvedá rychlostí, která je podstatně vyšší, než je rychlost tavení tekuté kovové lázně a touto rychlostí se vytahuje až do výšky, kdy jeho ponor v tekuté kovové lázni činí nejvýše 60 % hloubky tekuté kovové lázně, načež se dále zvedá rychlostí rovnou rychlosti tavení tekuté kovové lázně.

Zařízení k provádění způsobu elektrostruskového tavení ingotů podle vynálezu, v jehož tavicím prostoru, tvořeném chlazeným krystalizátorem a chlazenou podložkou, je v ose souměrnosti tavicího prostoru uspořádáno chladicí těleso, upevněné na zvedacím ústrojí, má podle vynálezu chladicí těleso tvořené plovákem, jehož hmotnost je větší, než hmotnost stejného objemu struskové lázně, avšak menší, než hmotnost stejného objemu tekuté kovové lázně.

Pro možnost regulace hloubky ponoru plováku do tekuté kovové lázně, je podle vynálezu plovák mechanicky spojen s regulovatelným protizávazím. Výhodně jsou plovák a regulovatelné protizávazí upevněny na protilehlých koncích dvojramenné páky, která je výkyvně uložena vidlici, upevněné na chlazeném krystalizátoru.

Jiné zařízení k provádění způsobu elektrostruskového tavení ingotů podle vynálezu, v jehož tavicím prostoru, tvořeném chlazeným krystalizátorem a chlazenou podložkou, je v ose souměrnosti tavicího prostoru uspořádáno chladicí těleso, zavěšené na držácích, uspořádaných na horní čelní straně chlazeného krystalizátoru, upevněného na zvedacím ústrojí a opatřeného ve stěně ukazatelem hladiny tekuté kovové lázně, spřaženým se zvedacím ústrojím chlazeného krystalizátoru, se od známých provedení podle vynálezu liší tím, že jádro chladicího tělesa je nižší, než výška chlazeného krystalizátoru a jeho spodní okraj je v rovině ukazatele hladiny tekuté kovové lázně, nebo pod ní.

Jádro chladicího tělesa může být podle vynálezu vytvořeno v rozmanitých provedeních.

Při jednom provedení podle vynálezu sestává jádro z dolní široké části, která je níže než rovina ukazatele hladiny tekuté kovové lázně, a z nad ní uspořádané horní úzké části, mezi nimiž je vytvořena střední kuželová vložená část.

Jádro může být podle vynálezu vytvořeno z trubky ve tvaru koše, hadu nebo smyčky. Smyčka může být přitom podle vynálezu tvořena vodorovnou trubkovou částí, vytvořenou jako část kruhu ve vodorovné rovině ukazatele hladiny tekuté kovové lázně, na níž je napojeno svislé odváděcí vedení a svislé přírodní vedení chladicí kapaliny.

Způsob a zařízení podle vynálezu mají četné výhody. Zavedení chladicího tělesa do středu tekuté kovové lázně urychluje proces krystalizace v této oblasti a přispívá k vyrovnání dna tekuté kovové lázně, tj. ke snížení hloubky nálevky, která se při tavení vytváří a tím i ke zmírnění sklonu dna tekuté kovové lázně. Protože právě na dně tekuté kovové lázně se vytvářejí krystaly, je směr jejich os mnohem stejnoměrněji orientován, takže vzniká jemnozrnná hustá struktura v celém ingotu. Při tavení a tuhnutí ingotu nevznikají nadměrné energetické ztráty. Potřebné zařízení je po technické stránce jednoduché a snadno ovladatelné.

Způsob a zařízení podle vynálezu je dále vysvětleno na základě konkrétních příkladů provedení s ohledem na přiložené výkresy, kde na obr. 1 je znázorněno konstrukční schéma k provádění způsobu elektrostruskového tavení ingotu plného průřezu podle vynálezu, na obr. 2 zařízení k provádění způsobu elektrostruskového tavení ingotu plného průřezu ve schematickém zobrazení, na obr. 3 jiné zařízení k provádění způsobu elektrostruskového tavení ingotu plného průřezu ve schematickém zobrazení, na obr. 4 jádro chladicího tělesa, vytvořené jako koš chladicích trubek, na obr. 5 jádro chladicího tělesa, vytvořené jako had chladicí trubky, na obr. 6 jádro chladicího tělesa, vytvořené jako smyčka chladicí trubky, na obr. 7 řez rovinou VII – VII z obr. 6, na obr. 8 jádro chladicího tělesa, vytvořené jako vodorovná kruhová smyčka chladicí trubky, na obr. 9 řez rovinou XI – XI z obr. 8, na obr. 10a diagram izoterem likvidu pro válcový ingot s průměrem 1100 mm pro různé vzdálenosti od chlazené podložky, na obr. 10b diagram izotermy likvidu pro válcový ingot o průměru 2700 mm a na obr. 10c diagram izotermy likvidu pro ingot obdélníkového průřezu o rozměrech 250 × 1100 mm.

Elektrostruskové tavení ingotu plného průřezu způsobem podle vynálezu se provádí takto:

V tavicím prostoru 1, tvořeném chlazeným krystalizátorem 2 a chlazenou podložkou 3 se známým způsobem vytvoří strusková lázeň 4. Do ní se ponoří odtavovací elektrody 5, do nichž se přivádí elektrický proud. Působením elektrického proudu se strusková lázeň 4 zahřívá, odtavovací elektrody 5 se na koncích ponořených do struskové lázně 4 taví a tekutý kov kape na chlazenou podložku 3, kde se shromažďuje tekutá kovová lázeň 6. Tekutý kov na stěnách chlazeného krystalizátoru 2 a chlazené podložky 3 chladne, tuhne a krystalizuje, takže vzniká vrstva ztuhlého kovu 7. Vrstva ztuhlého kovu 7 narůstá a tvoří dno tekuté kovové lázně 6, která se postupem tavení neustále vzdaluje od chlazené podložky 3, přičemž hladina tekuté kovové lázně 6 stoupá směrem vzhůru. Chladicí účinek chlazené podložky 3 postupně slábne, kdežto chladicí účinek chlazeného krystalizátoru 2 zůstává nezměněn. To má vliv na tvar dna tekuté kovové lázně 6, které nabývá tvaru nálevky. Ve vhodném okamžiku se do tekuté kovové lázně 6 ponoří chladicí těleso 8.

Změnu profilu dna tekuté kovové lázně 6 v průběhu tavy lze zjistit buď experimentálně nebo teoreticky.

Při experimentálním zjišťování tvaru dne tekuté kovové lázně 6 se nejprve vytaví vzorek ingotu bez ponoření chladicího tělesa 8 do tekuté kovové lázně 6 při zachování všech ostatních podmínek a parametrů procesu. Ingot se podélně rozřízne a ze zjištěného směru růstu krystalů kovu se určí optimální okamžik zavedení chladicího tělesa 8 do tekuté kovové lázně 6.

Teoreticky sa zjišťuje tvar profilu dna tekuté kovové lázně 6 propočtem izoterem likvidu metodou uvedenou ve stati B. E. Paton, V. F. Demchenko, J. G. Emeljanenko, D. A. Kozlitin, V. I. Machenko, B. I. Medovar, J. A. Starenbogen „Investigation of remperaturs fields of large electroslag remelted ingots by the methods of Mathematical Simulation“ ze sborníku „Special Electro-Metallurgy“, part 1 – „Repots of the International Symposium on Special Elektrometallurgy“, Kyjev, červen 1972, nakladatelství „Naukova Dumka“ na stranách 144 až 154.

Volba okamžiku, kdy ponořit chladicí těleso 8 do tekuté kovové lázně 6, je kompromisem mezi dvěma protichůdnými požadavky. Vysoká stejnorodost struktury ingotu vyžaduje, aby se chladicí těleso 8 ponořilo do tekuté kovové lázně 6 co nejdříve. Protože však ponořením chladicího tělesa 6 do tekuté kovové lázně 8 vznikají tepelné ztráty, které nutno nahrazovat zvýšeným přívodem elektrické energie, je z energetického hlediska naopak žádoucí ponořit chladicí těleso 8 do tekuté kovové lázně 6 co nejpозději.

Kritériem pro volbu vhodného okamžiku ponoření chladicího tělesa 8 do tekuté kovové lázně 6 je poznatek, že k zabezpečení vysoké jakosti ingotu se směr růstu krystalů v něm nesmí odchylovat od svislice více než o 45°, neboť při větším úhlu odchylky vnikají v makrostruktuře ingotu takové vady, jako je zachycení nekovových vměsků mezi krystaly střední části ingotu.

Při volbě hloubky ponoru chladicího tělesa 8 do tekuté kovové lázně 6 nutno vzít v úvahu okolnost, že při nadměrné hloubce ponoru chladicího tělesa 8 do tekuté kovové lázně 6 se na povrchu chladicího tělesa 8 vytvářejí krystaly, které rostou směrem ke dnu tekuté kovové lázně 6 a spojují se se ztuhlým kovem 7, přičemž mohou vznikat takové vady, jako staženiny, nekovové vměsky a podobně.

Tomu lze předejít tím, že chladicí těleso 8 se ponoří do tekuté kovové lázně 6 jen do hloubky, která činí nejvýše 60 % z hloubky tekuté kovové lázně 6, kterou má v okamžiku počátku ponořování chladicího tělesa 8 do ní. V tom případě krystaly, vytvořené na chladicím tělese 8, nedosáhnou dna tekuté kovové lázně 6 a nespojí se se ztuhlým kovem 7.

Problém lze řešit i tak, že chladicí těleso 8 se spustí až na dno tekuté kovové lázně 6, čímž se zjistí její skutečná okamžitá hloubka. Potom se

rychle vytáhne do výšky, v níž hloubka jeho ponoru v tekuté kovové lázni 6 činí méně než 60 % zjištěné její hloubky. Nato se rychlost zvedání chladicího tělesa 8 a rychlost tavení vzájemně vyrovnají. Po ukončení tavení se chladicí těleso 8 z tekuté kovové lázně 6 vytáhne.

Rychlost zvedání chladicího tělesa 8 může být poněkud vyšší nebo nižší než rychlost tavení. Teoreticky by bylo možno dosáhnout nejlepší struktury ingotu pozvolným ponořováním chladicího tělesa 8 do tekuté kovové lázně 6 až na maximální přípustnou hloubku. V tom případě by se chladicí těleso 8 zvedalo pomaleji, než je rychlost tavení. Tato varianta způsobu elektrostruskového tavení ingotu je však obtížně uskutečnitelná, protože potřebné metody předvídání vývoje tvaru dna tekuté kovové lázně nejsou dosud zvládnuty.

První příklad zařízení k elektrostruskovému tavení ingotů plného průřezu způsobem podle vynálezu, znázorněného na obr. 2, je charakterizován tím, že jeho chladicí těleso 8 je vytvořeno jako plovák 11. Zařízení je opatřeno chlazeným krystalizátorem 2, který je pohyblivý a je tvořen stěnami 9, přičemž je nahoře i dole otevřen. Ve své spodní poloze dosedá chlazený krystalizátor 2 na chlazenou podložku 3 a spolu s ní vytváří tavicí prostor 1. Zařízení obsahuje dále držák 10 odtavovaných elektrod pro upevnění odtavovacích elektrod 5 a zmíněné již chladicí těleso 8, vytvořené jako plovák 11.

Zařízení je rovněž opatřeno zvedacím ústrojím 12 krystalizátoru zvedacím ústrojím 13, odtavovacích elektrod jsou upevněna na svislém sloupu 14, který stojí vedle tavicího prostoru 1.

Zvedací ústrojí 12 krystalizátoru slouží ke zvedání chlazeného krystalizátoru 2 v procesu tavení. Je tvořeno dolním ramenem 15, které nese chlazený krystalizátor 2 a je opatřeno dolním pohonem 17.

Zvedací ústrojí 13 elektrod slouží ke svislému pohybu odtavovacích elektrod 5 v procesu tavení. Je tvořeno horním ramenem 16, které nese držák 10 elektrod a je opatřeno horním pohonem 18.

Chlazená podložka 2 tavicího prostoru 1 je uložena na vozíku 19, na němž se ingot po zhotovení vyveze ze zařízení.

Svislý průřez plováku 11 je přizpůsoben nálevkovitému tvaru dna tekuté kovové lázně 6, které vzniká působením stěn 9 chlazeného krystalizátoru 2. Plovák 11 je na spodku opatřen špičkou 20, kterou se opírá o chlazenou podložku 3 na počátku tavení. Uzavřená dutina 21 plováku je spojena s na obr. neznázorněným zdrojem chladicí kapaliny pomocí trubek 22.

Plovák 11 je upevněn na dvojramenné páce 23, která je uspořádána nad chlazeným krystalizátorem 2. Osa 24 kyvu dvojramenné páky 23 je umístěna ve vidlici 25, která je umístěna na horním čele chlazeného krystalizátoru 2, přičemž první rameno 26 dvojramenné páky 23 je nad chlazeným krystalizátorem 2, kdežto její druhé rameno 27 je

vně chlazeného krystalizátoru 2. Plovák 11 je závěsem 28 pomocí koncového čepu 29 zavěšen na prvním rameni 26 dvojramenné páky 23 v ose tavicího prostoru 1. Na druhém rameni 27 dvojramenné páky 23 je posuvně upevněno regulovatelné protizávaží 30, zajištěné pojišťovacím šroubem 31. Dvojramenná páka 23 a tím i plovák 11 se pohybují společně s chlazeným krystalizátorem 2 pomocí dolního pohonu 17.

Ve stěně 9 chlazeného krystalizátoru 2 je uspořádán ukazatel 32 hladiny tekuté kovové lázně 6, elektricky spojený s dolním pohonem 17 dolního ramene 15 a slouží k řízení svislého pohybu chlazeného krystalizátoru 2. Ukazatel 32 je umístěn ve stále vzdálenosti a od spodního okraje chlazeného krystalizátoru 2.

Na počátku tavení se plovák 11 opírá o chlazenou podložku 3 svojí špičkou 20. Hmotnost plováku 11 je větší, než hmotnost stejného objemu struskové lázně 4, avšak menší, než hmotnost stejného objemu tekuté kovové lázně 6. Hloubka ponoru plováku 11 do tekuté kovové lázně 6 se reguluje polohou regulovatelného protizávaží 30.

Zařízení pro elektrostruskové tavení ingotů o plném průřezu způsobem podle vynálezu pracuje takto:

Chlazený krystalizátor 2 se usadí na chlazené podložce 3, čímž vznikne tavicí prostor 1, v němž se vytvoří strusková lázeň 4 a do níž se zavedou odtavovací elektrody 5, načež se zahájí tavení. Na chlazené podložce 3 se shromažďuje tekutá kovová lázeň 6, jejíž hladina stoupá a působí vztlakem na plovák 11. Příslušným ustavením protizávaží 30 je nastavena hloubka h, při které vztlak je roven tíze plováku 11. Když hladina tekuté kovové lázně 6 stoupne výše, než je nastavená hloubka h, začne plovák 11 plavat v tekuté kovové lázni 6. Když hladina tekuté kovové lázně 6 dosáhne úrovně ukazatele 32, zapne ukazatel 32 dolní pohon 17 dolního ramene 15 a chlazený krystalizátor 2 i s dvojramennou pákou 23 a plovákem 11 se posouvají směrem vzhůru. Po ukončení tavení se chlazený krystalizátor 2 ještě nějakou dobu posouvá směrem vzhůru rychlostí tavení, přičemž plovák 11 vytáhne tím z tekuté kovové lázně 6 dříve, než tato tekutá kovová lázeň 6 ztuhne.

Popsané zařízení pro elektrostruskové tavení ingotů může být vytvořeno v různých obměnách. U velkých zařízení je chlazený krystalizátor 2 pevný. V tom případě je plovák 11 opatřen samostatným zvedacím ústrojím. Plovák 11 nemusí být uspořádán na páce, ale je umístěn ve svislém vedení a hloubka jeho ponoru se reguluje odnímatelnými závažími.

Druhý příklad zařízení pro elektrostruskové tavení ingotů plného průřezu způsobem podle vynálezu, znázorněného na obr. 3, je charakterizován pevným spojením chladicího tělesa 8 s chlazeným krystalizátorem 2. Chladicí těleso 8 je tvořeno jádrem 33, které je ve styku s tekutou kovovou lázní 6 a příčnickem 34, upevněným na horní čelní

straně chlazeného krystalizátoru 2. Jádro 33 je uspořádáno ve svislé ose souměrnosti tavicího prostoru 1. Výška jádra 33 je menší, než výška chlazeného krystalizátoru 2. Jádro 33 má dolní širokou část 36, která je níže než rovina ukazatele 32 hladiny tekuté kovové lázně 6, nad ní uspořádanou horní úzkou část 35, mezi nimiž je vytvořena střední kuželová vložená část 37. Hloubka h ponoru jádra 33 do tekuté kovové lázně 6 je experimentálně nebo teoreticky stanovena z podmínky, že sklon nálevkovité části dna tekuté kovové lázně 6 nesmí být větší než 45°, přičemž hloubka h ponoru jádra 33 nesmí překročit 60 % hloubky tekuté kovové lázně 6.

Jádro 33 chladicího tělesa 8 je duté a je spojeno s na obr. neznázorněným zdrojem chladicí kapaliny. Jádro 33 může být vytvořeno i z chladicích trubek ve tvaru koše, nebo hada. Jádro 33 z ploché smyčky chladicích trubek, znázorněné na obr. 6 a obr. 7, se používá u ingotů, jejichž úzká hrana není širší než 500 mm. Smyčka chladicí trubky může být také vytvořena vodorovně. Smyčka je vytvořena jak část kruhu, jejíž vodovorná rovina souměrnosti S je v rovině ukazatele 32 hladiny tekuté kovové lázně 6, nebo o něco výše. Nesmí být však položena níže, aby nemohlo dojít k přilnutí ke ztuhlému kovu. Smyčka sestává z vodorovné trubkové části 38, na níž jsou napojena svislé odváděcí vedení 39 a svislé přírodní vedení 40, vytvořená souměrně.

Zařízení pro elektrostruskové tavení ingotů plného průřezu způsobem podle vynálezu, vytvořené podle druhého příkladu provedení, pracuje takto:

Chlazený krystalizátor 2 se usadí na chlazenou podložku 3, čímž vznikne tavicí prostor 1, v němž se vytvoří strusková lázeň 4, do níž se zavedou odtavovací elektrody 5, načež se zahájí tavení. Na chlazené podložce 3 se shromažďuje tekutá kovová lázeň 6, až se její hladina dotkne spodku jádra 33 chladicího tělesa 8. Hladina tekuté kovové lázně 6 stoupá dále až dosáhne roviny ukazatele 32, který v tom okamžiku uvede v činnost dolní pohon 17. V tom okamžiku je jádro 33 chladicího tělesa 8 ponořeno do tekuté kovové lázně 6 o předvolanou hloubku h. Protože chlazený krystalizátor 2 se zvedá rychlostí tavení a spolu s ním se zdvihá stejnou rychlostí i chladicí těleso 8, zůstává hloubka h jeho ponoru do tekuté kovové lázně 6 po celou dobu tavení stejná. Po ukončení tavení se chlazený krystalizátor 2 pohybuje směrem vzhůru a vytahuje chladicí těleso 8 z tekuté kovové lázně 6. Protože jádro 33 chladicího tělesa 8 je kratší, než výška chlazeného krystalizátoru 2, vytáhne se z tekuté kovové lázně 6 před jejím ztuhnutím.

Uvedené zařízení je konstrukčně jednoduché a je vhodné pro výrobu velkých ingotů, jejichž technologie je dokonale zvládnuta a ustálená, takže není nutno měnit ani vzdálenost a ukazatele 32 hladiny tekuté kovové lázně 6, ani hloubku h ponoru jádra 33 chladicího tělesa 8 v tekuté kovové lázni 6.

V dalším je uvedeno několik příkladů elektrostruskového tavení ingotů plného průřezu způsobem podle vynálezu.

Příklad 1

Byl taven válcový ingot o průměru 1000 mm a výšce 2300 mm z oceli s obsahem uhlíku 0,2 % hmotnostních. Množství taveného kovu činilo 1 t za hodinu, což odpovídá tavicí rychlosti 435 mm za hodinu. Když hladina tekuté kovové lázně 6 dosáhla výšky 300 mm, bylo do tekuté kovové lázně ponořeno chladicí těleso 8 do hloubky 50 mm, což činilo 20 % z hloubky tekuté kovové lázně. Maximální sklon nálevkovité části dna tekuté kovové lázně 6, která měla průměr 825 mm, činil 28° vzhledem k vodorovné rovině.

Profil dna a hloubka tekuté kovové lázně b byly určovány teoreticky z diagramu izoterm likvidu na obr. 10a.

Část chladicího tělesa 8, která byla ve styku s tekutou kovovou lázní, měla tvar komolého kužele, zužujícího se směrem dolů, jehož větší základna byla o průměru 500 mm, menší základna o průměru 300 mm a jeho výška byla 350 mm. Po ponoření do tekuté kovové lázně 6 se chladicí těleso 8 zvedalo rychlostí, rovnou rychlosti tavení. Když hladina tekuté kovové lázně 6 dosáhla výšky 2300 mm bylo chladicí těleso 8 rychle vytaženo z tekuté kovové lázně.

Zkušební vzorek z takto vyrobeného ingotu ukázal, že jeho struktura je hustá, vyrovnaná a jemnozrná.

Příklad 2

Byl taven ingot stejných rozměrů a složení za stejných podmínek a za použití téhož chladicího tělesa 8, které však bylo ponořeno do tekuté kovové lázně 6, až když její hladina byla ve výšce 800 mm, přičemž sklon nálevkovité části dna tekuté kovové lázně 6 činil 45°. Chladicí těleso 8 bylo ponořeno do hloubky 168 mm, což bylo 40 % hloubky tekuté kovové lázně. Poté se pohybovalo vzhůru rychlostí tavení a po ukončení tavby bylo rychle vytaženo.

Ze vzorku bylo zjištěno, že ve střední části ingotu nevznikaly žádné staženiny.

Příklad 3

Ingot byl vyráběn za stejných podmínek, jako v příkladu 2. Chladicí těleso 8 bylo ponořeno do tekuté kovové lázně rovněž při výšce její hladiny 800 mm, avšak do hloubky 246 mm, což bylo 60 % hloubky tekuté kovové lázně.

Na vzorku bylo zjištěno, že struktura byla ve střední části ingotu nestejněměrná, růst krystalů chaotický. V některých místech byly zjištěny krystaly, které vyrůstaly v obráceném směru, dále staženiny a seskupení nekovových vměsků.

Příklad 4

Ingot byl vyráběn za stejných podmínek a s týmž chladicím tělesem 8, jako v předchozích příkla-

dech, avšak s tím rozdílem, že chladicí těleso 8 bylo ponořeno při výšce hladiny tekuté kovové lázně 6 800 mm do hloubky 275 mm, tedy do hloubky, která činila 65 % z hloubky tekuté kovové lázně.

Na vzorku byly zjištěny vady obdobné, jako v příkladu 3.

Příklad 5

Ingot byl vyráběn za stejných podmínek a s týmž chladicím tělesem 8, jako v předchozích příkladech, avšak s tím rozdílem, že chladicí těleso 8 bylo ponořeno až při výšce hladiny tekuté kovové lázně 6 1420 mm, kdy úhel sklonu nálevkovité části dna tekuté kovové lázně 6 činil 55°. Chladicí těleso 8 bylo ponořeno do hloubky 275 mm, což bylo 40 % hloubky tekuté kovové lázně.

Podle vzorku byla střední část ingotu pórzní a obsahovala seskupení nekovových vměsků.

Příklad 6

Byl taven ingot válcového tvaru o průměru 1000 mm a výšce 2300 mm z oceli 0,2 % hmotnostních při rychlosti tavení 435 mm za hodinu, což je shodné s předcházejícími příklady. Rozdíl je však v tom, že ingot byl vyráběn v zařízení, jehož chladicí těleso 8 bylo vytvořeno jako plovák 11, které je zobrazeno na obr. 9. Maximální průměr plováku 11 činil 500 mm. Na počátku tavby spočívala špička 20 plováku 11 na chlazené podložce 3. Když hladina tekuté kovové lázně 6 dosáhla výšky 300 mm, plovák 11 se vynořil. Hloubka h jeho ponoru v tekuté kovové lázni 6 činila přitom 100 mm, tj 50 % hloubky tekuté kovové lázně 6. Po ukončení tavby vytáhlo zvedací ústrojí 12 krystalizátoru plovák 11 z tekuté kovové lázně 6.

Podle odebraného vzorku byla ve střední části ingotu struktura hustá, jemnozrná a uspořádaná. Nevznikly žádné staženiny. Střední část dna tekuté kovové lázně 6 měla tvar ploché nálevky.

Příklad 7

Byl taven válcový ingot o průměru 2700 mm při výšce 4430 mm s celkovou hmotností 200 t z oceli o obsahu 0,2 % hmotnostních uhlíku. Tavba se prováděla v zařízení, jehož chladicí těleso 8 bylo pevně spojeno s chlazeným krystalizátorem 2, jak znázorněno na obr. 3. Jádro 33 chladicího tělesa 8 mělo tvar koše chladicích trubek, jak znázorněno na obr. 4. Tavilo se 2700 kg kovu za hodinu, takže rychlost tavení činila 600 mm za hodinu. Vzdálenost a ukazatele 32 hladiny tekuté kovové lázně 6 od spodní hrany chlazeného krystalizátoru 2 činila 1200 mm. Široká část jádra 33 měla kulový tvar s poloměrem zakřivení 2400 mm při průměru základny 1900 mm a výšce 360 mm. Při výšce hladiny tekuté kovové lázně 6 byla hloubka h ponoru jádra 33 do tekuté kovové lázně 6 360 mm a činila 60 % hloubky tekuté kovové lázně 6.

V okamžiku kdy sklon nálevkovité části dna tekuté kovové lázně 6 byl maximální, měl hodnotu 35° a průměr nálevky činil 2025 mm.

Chlazený krystalizátor 2 společně s chladicím

tělesem 8 se pohyboval směrem vzhůru tavicí rychlostí a po ukončení tavby pokračoval ve své vzestupném pohybu, čímž chladicí těleso 8 vytáhl z tekuté kovové lázně 6 dříve, než ztuhla.

Na zkušební vzorku bylo zjištěno, že struktura kovu ve střední části ingotu byla uspořádaná, jemnozrnná a hustá bez staženin a vycezenin. Ve středu dna tekuté kovové lázně 6 se vytvořil pahrbek.

Příklad 8

V zařízení podle obr. 3 byl taven ingot obdélníkového průřezu o rozměrech 250×1100 mm při výšce 1500 mm s celkovou hmotností 4,0 t z oceli o obsahu 0,2 % hmotnostních uhlíku. Jádru 33 mělo tvar ploché svislé smyčky z chladicích trubek, znázorněný na obr. 6 a 7. Za hodinu se odtavilo 1330 kg kovu, takže tavicí rychlost byla 500 mm za hodinu.

Ukazatel 32 hladiny tekuté kovové lázně 6 byl uspořádán ve vzdálenosti a od spodního okraje

chlazeného krystalizátoru 2, která činila 200 mm.

Jádru 33 chladicího tělesa 8 bylo široké 500 mm ve směru podélné strany profilu ingotu. Hloubka h ponoru jádra 33 chladicího tělesa 8 do tekuté kovové lázně 6, kdy její hladina dosáhla výšky 200 mm, činila 90 mm, tj. 60 % hloubky tekuté kovové lázně 6 v daném okamžiku. Ve dnu tekuté kovové lázně 6 se vytvořila prohlubeň o plošném rozměru 188×825 mm, jejíž stěny byly skloněny nejvýše o 45° .

Při tavbě se chlazený krystalizátor 2 a s ním i chladicí těleso 8 zvedalo tavicí rychlostí a v tomto pohybu pokračovalo i po ukončení tavby, takže se vysunulo z tekuté kovové lázně 6 před jejím ztuhnutím.

Ingot byl rozříznut podél svislé roviny, rovnoběžné s delší stranou jeho obdélného průřezu. Struktura kovu byla jemnozrnná, hustá, uspořádaná, bez náhlých změn v orientaci krystalů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob elektrostruskového tavení ingotů plného průřezu přetavováním nejméně jedné odtavovací elektrody v tavicím prostoru za vzniku tekuté kovové lázně, která se podle průběhu tavení pohybuje směrem vzhůru, přičemž se do tekuté kovové lázně vkládá chladicí těleso, uspořádané v ose souměrnosti tavicího prostoru, vyznačený tím, že chladicí těleso se po vložení do tekuté kovové lázně pohybuje směrem vzhůru nejméně rychlostí tavení tekuté kovové lázně, načež se po ukončení tavení z tekuté kovové lázně vytahuje.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že chladicí těleso se vkládá do tekuté kovové lázně v okamžiku, kdy nejméně 75 % plochy rozhraní mezi tekutou kovovou lázní a ztuhlým kovem se sklání k vodorovné rovině pod úhlem 45° .

3. Způsob podle bodů 1 a 2, vyznačený tím, že chladicí těleso se ponořuje do tekuté kovové lázně do hloubky, která činí nejvýše 60 % z hloubky tekuté kovové lázně v okamžiku zavedení chladicího tělesa do tekuté kovové lázně.

4. Způsob podle bodů 1 a 2, vyznačený tím, že chladicí těleso se od okamžiku ponoření do tekuté kovové lázně ponořuje až na její dno, načež se zvedá rychlostí podstatně větší, než je rychlost tavení tekuté kovové lázně a touto rychlostí se vytahuje až do výšky, kdy jeho ponor činí v tekuté kovové lázni nejvýše 60 % z hloubky tekuté kovové lázně, načež se dále zvedá rychlostí rovnou rychlosti tavení tekuté kovové lázně.

5. Zařízení k provádění způsobu podle bodů 1, 2 a 4, v jehož tavicím prostoru, tvořeném chlazeným krystalizátorem a chlazenou podložkou, je v ose souměrnosti tavicího prostoru uspořádáno chladicí těleso, upevněné na zvedacím ústrojí, vyznačené tím, že chladicí těleso je větší, než hmotnost stejného objemu struskové lázně (4),

avšak menší, než hmotnost stejného objemu tekuté kovové lázně (6).

6. Zařízení podle bodu 5, vyznačené tím, že plovák (11) je mechanicky spojen s regulovatelným protizávažím (30).

7. Zařízení podle bodu 6, vyznačené tím, že plovák (11) a regulovatelné protizávaží (11) jsou upevněny na protilehlých koncích dvojramenné páky (23), která je výkyvně uložena ve vidlici (25), umístěné na chlazeném krystalizátoru (2).

8. Zařízení k provádění způsobu podle bodů 1 až 3, v jehož tavicím prostoru, tvořeném chlazeným krystalizátorem a chlazenou podložkou, je v ose souměrnosti tavicího prostoru uspořádáno chladicí těleso, zavěšené na držácích, uspořádaných na horní čelní straně chlazeného krystalizátoru, upevněného na zvedacím ústrojí a opatřeného ve stěně ukazatelem hladiny tekuté kovové lázně, spřezaným se zvedacím ústrojím chlazeného krystalizátoru, vyznačené tím, že jádro (33) chladicího tělesa (8) je nižší, než výška chlazeného krystalizátoru (2) a jeho spodní okraj je v rovině ukazatele (32) hladiny tekuté kovové lázně (6) nebo pod ní.

9. Zařízení podle bodu 8, vyznačené tím, že jádro (33) sestává z dolní široké části (36), která je pod rovinou ukazatele (32) hladiny tekuté kovové lázně (6), a z nad ní uspořádané horní úzké části (35), mezi nimiž je vytvořena střední kuželová vložená část (37).

10. Zařízení podle bodu 8, vyznačené tím, že jádro (33) je tvořeno košem chladicích trubek.

11. Zařízení podle bodu 8, vyznačené tím, že jádro (33) je tvořeno hadem chladicí trubky.

12. Zařízení podle bodu 8, vyznačené tím, že jádro (33) je tvořeno smyčkou chladicí trubky.

13. Zařízení podle bodu 12, vyznačené tím, že

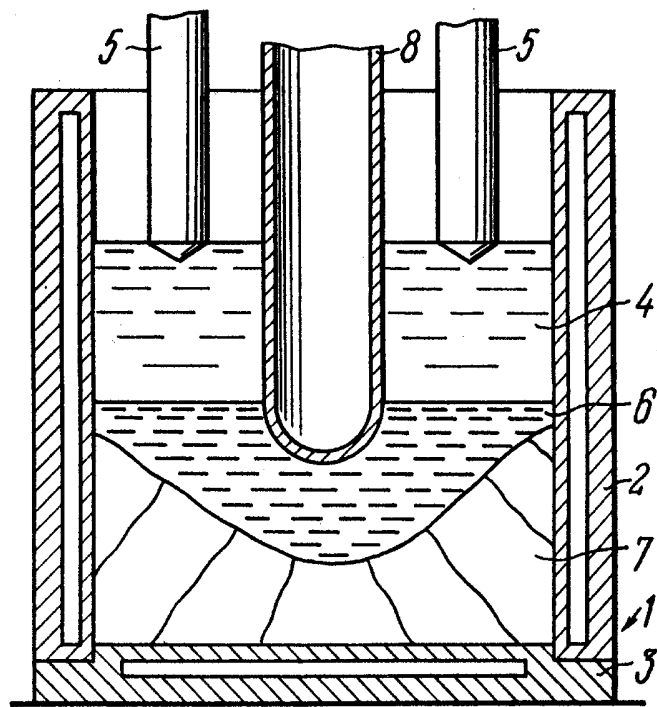
209174

8

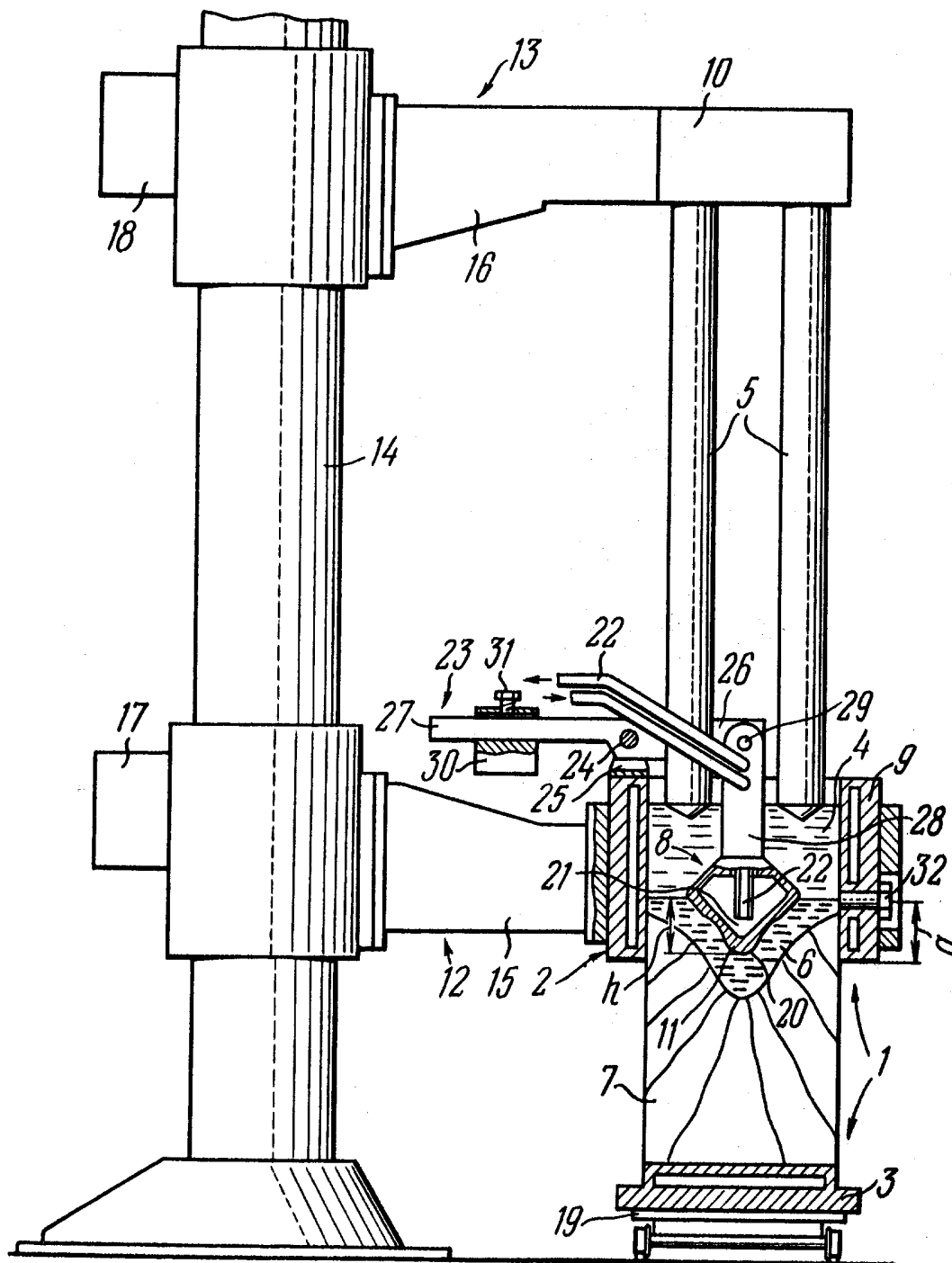
smyčka je tvořena vodorovnou trubkovou částí (38), ohnutou do částí kruhu ve vodorovné rovině souměrnosti (S), shodné s rovinou ukazatele (32)

hladiny tekuté kovové lázně (6), na níž je napojeno svislé odváděcí vedení (39) a svislé přívodní vedení (40) chladicí kapaliny.

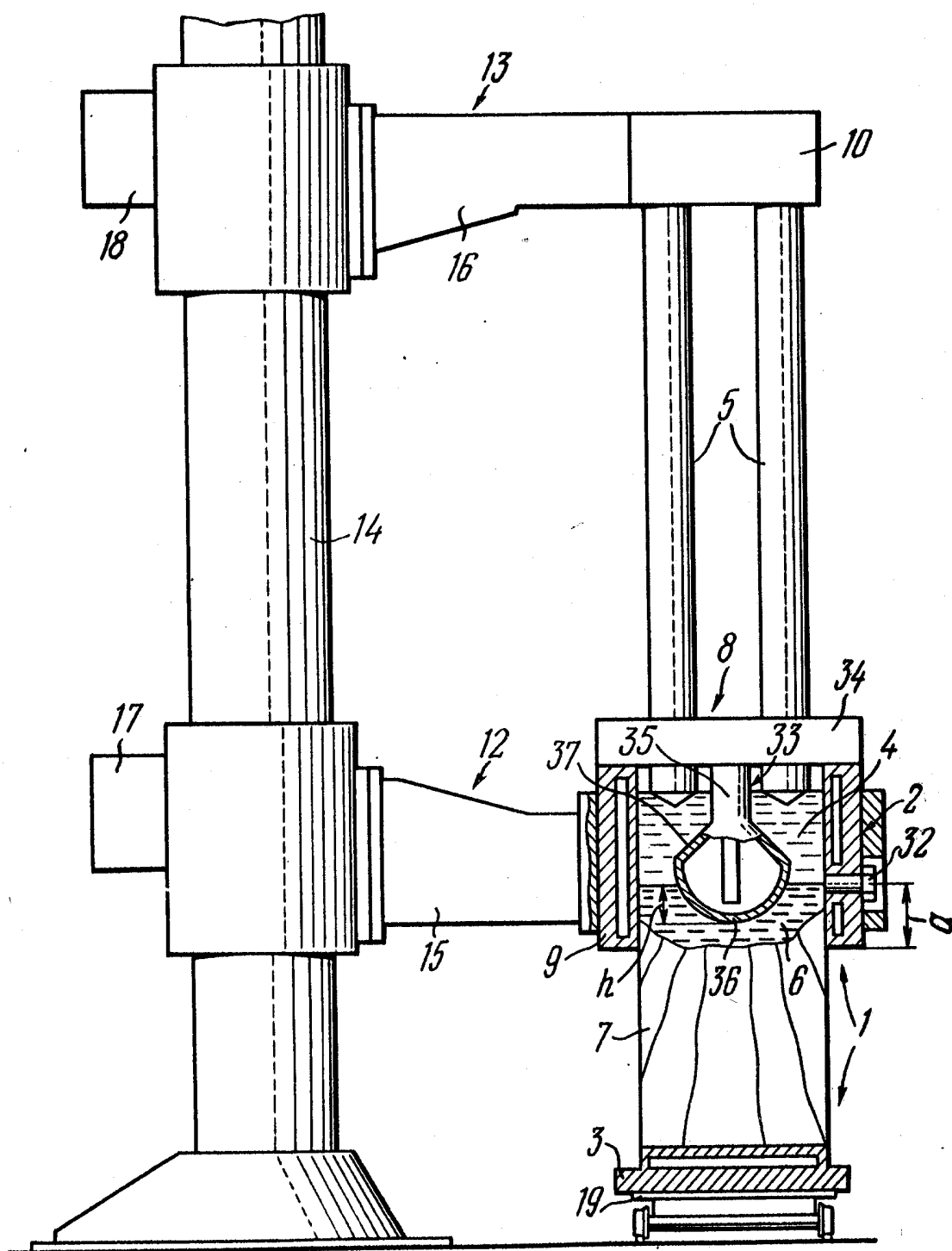
10 výkresů



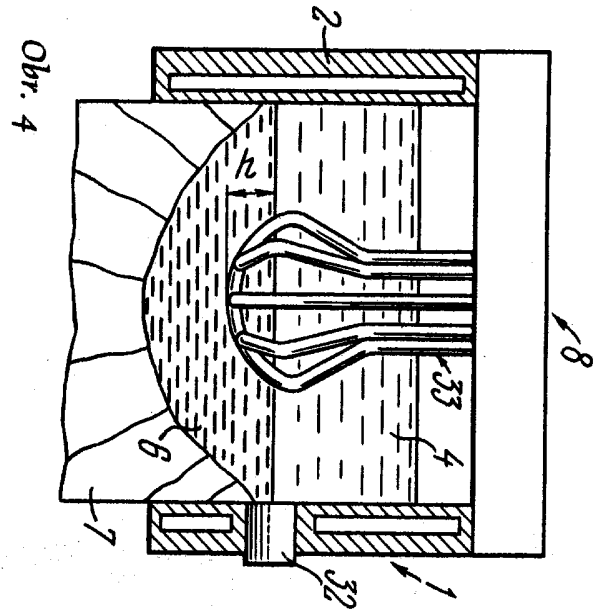
Obr. 1



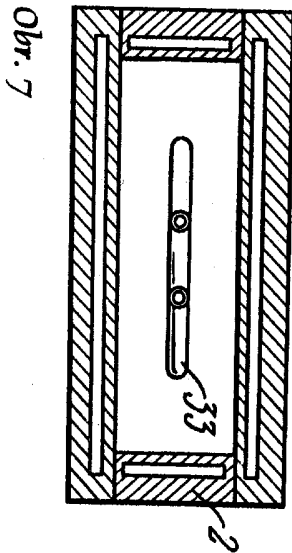
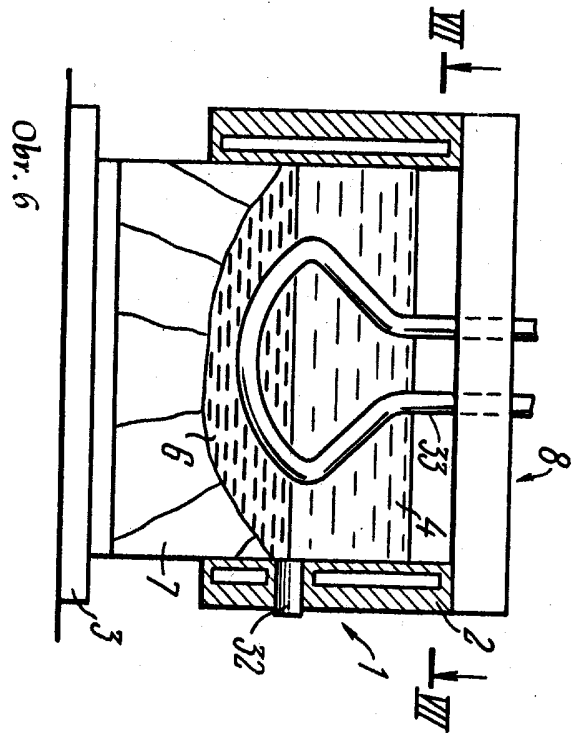
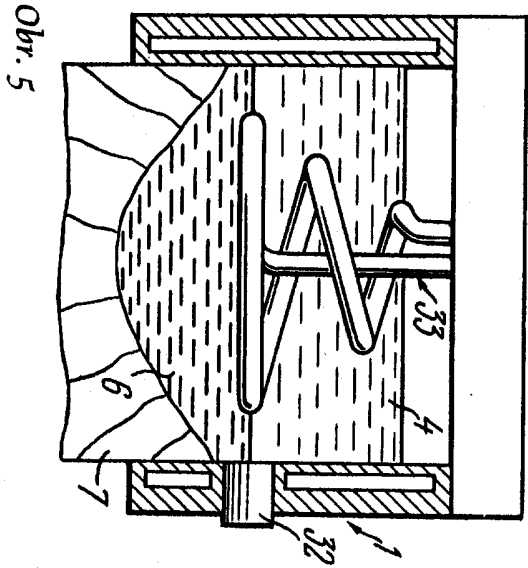
Obr. 2

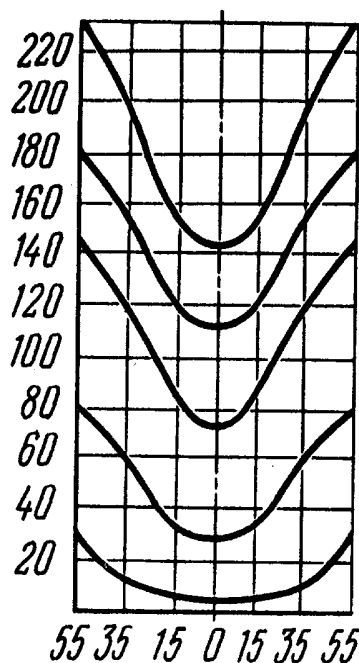


Obr. 3

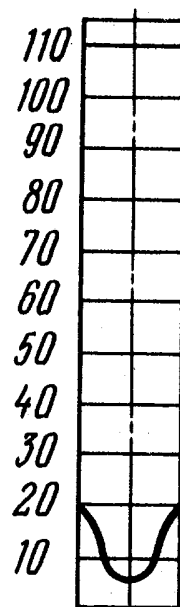


8

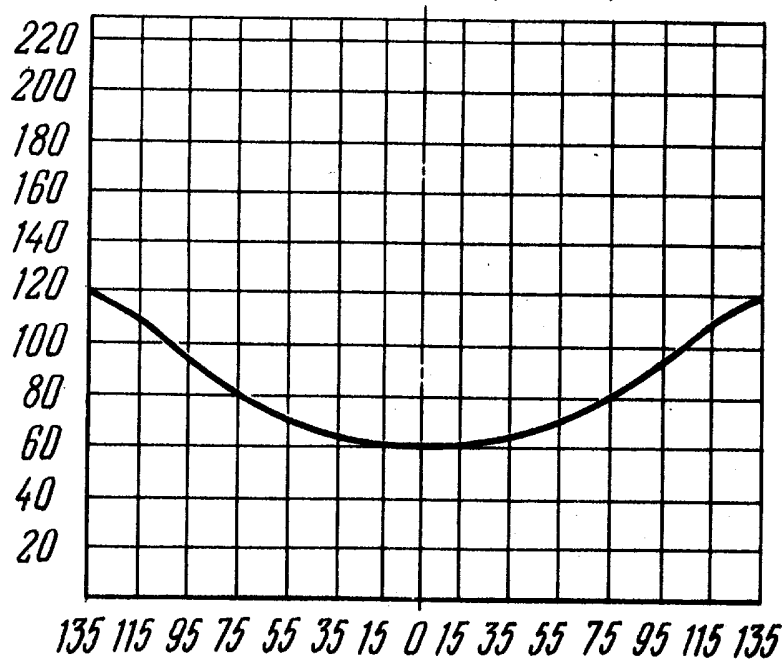




Obr. 10a.



Obr. 10c



Obr. 10b.