



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

197 851

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 30 01 78
(21) PV 614-78

(51) Int. Cl. B 22 D 23/00

(40) Zveřejněno 31 08 79
(45) Vydáno 01 7 82

(75)
Autor vynálezu

LATAŠ JURIJ VADIMOVIČ ing., VORONIN ALEXEJ JEFIMOVIČ ing., KYJEV,
DOLBENKO JEVGENIJ TICHONOVICH ing., NIKULIN ALEXANDR ALEXANDROVIČ ing.,
DUB VLADIMÍR SEMJONOVICH ing., MOSKVA, KRUTIKOV RADIJ GEORGIJEVIČ ing.,
NIKOLAJEV VLADIMÍR ARTEMJEVIČ ing., KYJEV, ARTEMJEV VLADIMÍR DMITRIJEVIČ ing.,
VOLOCHONSKIJ LEV AVRAJAMOVIČ ing., VASILJEV JAKOV MARKOVIČ ing.,
MOSKVA / SSSR /

(54) Způsob elektrostruskového odlévání kovových ingotů

1

Vynález se týká způsobu elektrostruskového odlévání kovových ingotů, zejména kovových ingotů velkých rozměrů, používaných jako předlitků pro výrobu robotů elektrických generátorů a podobných strojních dílů o velkých rozměrech.

V poslední době v celé řadě odvětví průmyslu a zejména v energetickém strojírenství značně stoupla potřeba výkovků z odlitků, jejichž hmotnost činí 100 t a více.

Jakost výkovků, jak je známo, značně závisí na struktuře výchozího ingotu a určuje jakost konečného výrobku. Praxe ukázala, že se při obvyklém způsobu výroby velkých ingotů jednorázovým odlitím tekutého kovu do kokily nelze vyhnout některým vadám, jako jsou vycezeniny, staženiny, nevhodné rozložení nekovových vměstků v hmotě ingotu a okysličení jeho povrchu. Výrazná fyzikální a chemická nestejnorodost ingotů, vyrobených tímto způsobem, ve většině případů nedovoluje použít je pro výrobu strojních součástí o velkých rozměrech.

Jakost struktury kovu je nevyhovující zejména v jádru takového ingotu, což vyplývá z toho, že tuhnutí rostaveného kovu probíhá hlavně ve směru od stěn kokily k jejímu středovému pásu. V závislosti na postupu čela krystalizace se průběžně zhoršují podmínky pro odvod tepla a struktura tuhneícího kovu se mění z jemné dendritické zakalené struktury u povrchu odlitku až na globulární krystality s četnými staženinami v jádru ingotu.

197 851

Byla učiněna řada pokusů změnit směr tuhnutí a tak kladně ovlivnit strukturu ingotu. Bylo zjištěno, že v tomto směru je nejsnadnější způsob dávkovaného elektrostruskového odlévání ingotů (USA patentový spis č. 3 807 486). Popsaný způsob se skládá z následujících pracovních postupů: Vytvoření struskové lázně v chlazené kokile a ohřívání této lázně elektrodami, odlití tekutého kovu, které se provádí v dávkách přes vrstvu tekuté strusky. Odlití každé následující dávky se podle tohoto způsobu provádí po stuhnutí kovu každé předchozí dávky více než z jedné poloviny. Ingot je odléván v postupných dávkách. Po odlití dávky kovu se provádí elektrostruskový ohřev hladiny kovu takovým elektrickým výkonem, aby bylo zajištěno uchování hladiny kovu v tekutém stavu po celém průřezu kokily. Odlitý kov přitom postupně tuhne směrem zdola nahoru tak, že v okamžiku odlití další dávky kovu přes vrstvu tekuté strusky není část kovu předchozí dávky ještě stuhlá. Tekutý kov následující dávky se odlévá do kokily, kde se smísí se zbytkem tekutého kovu předchozí dávky. Převládající směr postupu čela krystalizace kovu po odlití druhé a následujících dávek kovu je zdola nahoru.

Rozbory ingotů vyrobených výše popsaným způsobem ukazují, že fyzikální a chemická struktura ingotů je v celém jejich objemu poměrně stejnorodá a vady, jako staženiny a vycezeniny, se prakticky nevyskytují ani v jádru. Popsaný postup umožňuje výrobu ingotů o hmotnosti přes 300 t pomocí ocelárenského zařízení o poměrně malé kapacitě, například 30 až 50 t. Odlévání kovu je působením tekuté strusky podstatnou měrou očištěn od nekovových příměsí, což také přispívá ke zlepšení mechanických vlastností ingotu.

Při praktickém provádění tohoto způsobu byl zjištěn vznik zateklin na povrchu ingotu. Zatekliny vznikají v důsledku protavení a roztržení tenké povrchové vrstvy tuhnoucího kovu každé dávky při odlévání každé následující dávky tekutého kovu. Roztržení vrstvy tuhnoucího kovu nastává na obvodu dutiny kokily působením vlastní hmotnosti sloupce odlévaného tekutého kovu. Trhlinami ve vrstvě vtéká tekutý kov do mezery mezi vznikajícím ingotem a kokilou a vytváří zatekliny. V zájmu zamezení vytváření šupin při následném kování, popřípadě válcování ingotu musí být zatekliny mechanickým způsobem odstraněny, což je spojeno s dalšími pracovními úkony a s nevratnými ztrátami značného množství kovu, zejména při plynulé výrobě ingotů. Velké zatekliny mimoto znesnadňují vyjímání ingotu z kokily.

Úkolem vynálezu je vyvinutí takového způsobu elektrostruskového odlévání odlitků, při kterém by bylo zabráněno vzniku zateklin na povrchu ingotu při odlévání tekutého kovu po dávkách.

Tento úkol řeší způsob elektrostruskového odlévání kovových ingotů, při němž se v chlazené kokile vytváří strusková lázeň, která se ohřívá netavnými elektrodami a přes vrstvu ohřívání struskové lázně se do chlazené kokily postupně v dávkách odlévá tekutý kov podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se odlévání druhé a následujících dávek tekutého kovu provádí nespojitě periodickým přerušováním proudu tekutého kovu.

Nespojité odlévání druhé a dalších dávek tekutého kovu umožňuje zmenšit výšku sloupce jednorázově odlévaného tekutého kovu a současně snížit i jeho tlak na tenkou vrstvu tuhnutí kovu předcházející dávky. Současně s přerušováním proudu dochází k částečnému tuhnutí odlévaného kovu u stěn chlazené kokily a k zesílení uvedené vrstvy, které postuluje k udržení hmotnosti celé dávky a k zamezení protékání tekutého kovu do mezery mezi kokilou a vytvářeným ingotem.

Podle vynálezu se při odlévání druhé a následujících dávek tekutého kovu proud tekutého kovu dočasně přerušuje, jakmile výška sloupce tekutého kovu dosáhne 0,1 až 0,5 celkové výšky odlévané dávky.

Podle vynálezu při odlévání druhé a následujících dávek tekutého kovu se proud tekutého kovu přerušuje na dobu 3 min až 30 min.

Jedno možné provedení způsobu podle vynálezu spočívá v tom, že se při odlévání druhé a následujících dávek proud tekutého kovu přerušuje na 3 min, když výška sloupce právě odlévaného kovu činí 0,1 celkové výšky odlévané dávky. Tento postup je vhodný pro odlévání ingotů o hmotnosti do 100 t z oceli s obsahem uhlíku 0,30 % a pro výrobu ingotu o hmotnosti nad 50 t.

Další možné provedení způsobu podle vynálezu spočívá v tom, že se při odlévání druhé a dalších dávek tekutého kovu proud tekutého kovu přerušuje na 30 min, když výška sloupce právě odlévaného kovu činí 0,5 celkové výšky odlévané dávky. Tyto parametry postupu je vhodné dodržovat při odlévání ingotů s malým obsahem uhlíku a při výrobě ingotů, jejichž hmotnost nepřesahuje 50 t.

Univerzálním a nejvýhodnějším provedením postupu podle vynálezu je způsob, při němž se při odlévání druhé a dalších dávek proud tekutého kovu přerušuje na 12 min, když výška sloupce právě odlévaného tekutého kovu činí 0,28 celkové výšky odlévané dávky tekutého kovu.

Podstata vynálezu bude v dalším objasněna na příkladech jeho provedení, které jsou vysvětleny pomocí připojených výkresů, na nichž je znázorněno:

na obr. 1 chlazená kokila se zavedenými elektrodami a lící pánve s uzávěrem k provádění způsobu podle vynálezu;

na obr. 2 půdorys chlazení kokily s elektrodami připojenými ke zdroji proudu;

na obr. 3 chlazená kokila s elektrodami při vytváření struskové lázně;

na obr. 4 poloha elektrod a zátkové tyče uzávěru lící pánve při odlévání první dávky tekutého kovu podle vynálezu;

na obr. 5 poloha elektrod a zátkové tyče uzávěru lící pánve po skončení odlévání první dávky tekutého kovu při ohřívání struskové lázně podle vynálezu;

na obr. 6 poloha zátkové tyče uzávěru lící pánve na začátku odlévání druhé dávky tekutého kovu podle vynálezu;

197 851

na obr. 7 poloha zátkové tyče uzávěru lící pánve v okamžiku přerušení proudu tekutého kovu při odlévání druhé dávky a názorně je zobrazeno zesilování vrstvy tuhneícího kovu při částečném tuhnutí roztaveného kovu druhé dávky u stěny kokily podle vynálezu;

na obr. 8 poloha zátkové tyče uzávěru lící pánve při dalším odlévání druhé dávky tekutého kovu podle vynálezu;

na obr. 9 poloha elektrod v kokile po odlití všech dávek tekutého kovu při odstraňování staženiny.

Při odlévání kovových ingotů podle vynálezu se používá na podstavci 1 postavená chlazená kokila 2, která má vodní plášť 3, jak je to znázorněno na obr. 1. Na podstavci 1 je uložena kovová očkovací podložka 4, jejíž chemické složení je podobné chemickému složení kovu odlévaného ingotu. Do chlazené kokily 2 jsou zavedeny netavné grafitové elektrody 5, jejichž počet je násobkem tří. Nad chlazenou kokilou 2 je umístěna lící pánve 6, která má ve dnu výtokový otvor 7. Výtokový otvor 7 má uzávěr 8, který sestává z pohonu 9 spojeného se zátkovou tyčí 10. Když je zátková tyč 10 zasunuta do výtokového otvoru 7 lící pánve 6, tak je zcela uzavřen přívod tekutého kovu do chlazené kokily 2.

Netavné grafitové elektrody 5 jsou připojeny ke zdroji 11 trojfázového proudu průmyslového kmitočtu a jsou rovnoměrně rozděleny po obvodu průřezu chlazené kokily 2, jak je to znázorněno na obr. 2.

Způsob elektrostruskového odlévání kovových ingotů podle vynálezu se provádí takto:

Netavné elektrody 5 se spouštějí dolů tak daleko, až se jejich dolní konce dotknou kovové očkovací podložky 4. Do chlazené kokily 2 se nasype struska, která má dobrou rafi-nační schopnost, nebo směs vsázkových složek takové strusky. Od zdroje 11 trojfázového proudu se přivede na netavné grafitové elektrody 5 elektrický proud o velikosti 10 až 20 kA a napětí od 50 do 90 V. Přitom v chlazené kokile 2 vzniká vrstva tekuté strusky a vytváří se strusková lázeň 12, jak je znázorněno na obr. 3. Dále se vzniklá vrstva te-kuté strusky stále ohřívá netavnými elektrodami 5. Struskovou lázeň 12 je možno vytvořit i jinak, například odlitím zvláště vytavené tekuté strusky do chlazené kokily 2, a rovněž v mezeře mezi kovovou podložkou 4 a stěnou chlazené kokily 2 vzniká vrstva ztuhlé strusky 13. Výška vrstvy ztuhlé strusky 13 se rovná výšce úrovně struskové lázně 12 v chlazené kokile 2.

Po vytvoření struskové lázně 12 se odlévá tekutý kov po dávkách. První dávka 14 teku-tého kovu se odlévá do chlazené kokily 2 přes vrstvu struskové lázně 12, přičemž se zvedá pohonem 9 zátková tyč 10 a tak se odkrývá výtokový otvor 7, jak je znázorněno na obr. 4. Odlévání první dávky 14 tekutého kovu podle vynálezu se provádí nepřetržitě tak, že se zátková tyč 10 udržuje ve zvednuté poloze až do ukončení odlévání. Při zaplňování chlaze-né kokily 2 se netavné grafitové elektrody 5 postupně zvedají tak, aby jejich dolní konce byly stále ve struskové lázni 12 nad tekutým kovem.

Po odlití první dávky 14 tekutého kovu se zátkovou tyčí 10 uzavírá výtokový otvor 7 lící pánve 6, jak je znázorněno na obr. 5. Strusková lázeň 12 se dále ohřívá netavnými grafitovými elektrodami 5. Současně začíná tuhnout tekutý kov na povrchu kovové očkovací podložky 4 a u stěn chlazené kokily 2.

Po ztuhnutí kovu první dávky 14 více než z poloviny vytváří se u stěn chlazené kokily 2 vrstva 15 ztuhlého kovu. V tu chvíli se přes vrstvu struskové lázně 12 začne odlévat druhá dávka tekutého kovu tak, že se zvedne zátková tyč 10 a otevře se výtokový otvor 7 lící pánve 6, jak je znázorněno na obr. 6. Odlévání druhé dávky tekutého kovu podle vynálezu se provádí nespojitě, proud tekutého kovu se periodicky přerušuje. Výhodně se proud tekutého kovu přerušuje na 3 až 30 min, když výška sloupce odlitého kovu druhé dávky činí 0,1 až 0,5 celkové výšky této odlévané dávky. Proud tekutého kovu se přerušuje uzavíráním výtokového otvoru 7 lící pánve 6 zátkovou tyčí 10, jak je znázorněno na obr. 7. Během přerušování v odlité dávce tekutého kovu probíhá částečné tuhnutí odlitého kovu u stěn chlazené kokily 2 a zesílení vrstvy 15 ztuhlého kovu, které stačí k zachycení hmotnosti kovu celé dávky nebo dalšího odlití. Nespojitě odlévání druhé dávky dále pokračuje otvíráním a zavíráním výtokového otvoru 7 a jednorázová odlévání se střídají s přestávkami tak dlouho, dokud druhá dávka není zcela odlita, jak je znázorněno na obr. 8.

Po odlití druhé dávky tekutého kovu ohřívá se strusková lázeň 12 dále netavnými elektrodami 5. Po 5 až 20 hodinách, podle hmotnosti dávky, se po ztuhnutí kovu druhé dávky více než z poloviny odlévá přes vrstvu struskové lázně 12 třetí dávka tekutého kovu. Odlévání třetí a všech dalších dávek se podle vynálezu provádí tak, že se proud tekutého kovu periodicky přerušuje jako při odlévání druhé dávky.

Po odlití poslední dávky tekutého kovu do chlazené kokily 2 se odstraňuje staženina tak, že se ohřívá strusková lázeň 12 nad ingotem 16 netavnými grafitovými elektrodami 5, jak je znázorněno na obr. 9.

Dále jsou uvedeny příklady provedení způsobu elektrostruskového odlévání kovových ingotů podle vynálezu.

Příklad 1

Při výrobě velkých kovových ingotů hmotnosti 200 t používá se vodou chlazená kokila o průměru 2,5 m a výšce 6 m. Tato chlazená kokila se postaví na podstavec, na němž je uložena kovová očkovací podložka. Do kokily se zavedou tři nebo šest grafitových elektrod tak, že se jejich dolní konce dotýkají kovové očkovací podložky. Průměr každé grafitové elektrody činí 250 až 500 mm. Do chlazené kokily se nasype struska nebo směs vsázkových složek strusky. Ke grafitovým elektrodám se přivede elektrický proud, jehož velikost se udržuje od 10 do 20 kA a napětí od 50 do 90 V. Přitom se v chlazené kokile vytvoří strusková lázeň, stále ohřívána grafitovými elektrodami. Po vytvoření struskové lázně se do chlazené kokily přes vrstvu struskové lázně odlévá první dávka tekutého kovu, jejíž hmot-

197 851

nost činí 50 t. Odlévání první dávky tekutého kovu je nepřetržité trvale otevřeným výtokovým otvorem lící pánve. Po odlití první dávky tekutého kovu se strusková lázeň dále ohřívá grafitovými elektrodami po dobu 7 až 14 hod. Po ztuhnutí kovu první dávky více než spoluminy odlévá se druhá dávka tekutého kovu tak, že se pravidelně přerušuje proud tekutého kovu zátkovou tyčí lící pánve. Proud tekutého kovu se přerušuje na 3 min, když výška sloupce najednou odlitého kovu činí 0,1 celkové výšky odlévané dávky. Po odlití druhé dávky, když její hmotnost činí 50 t, prodlužuje se ohřev struskové lázně po dobu 7 až 14 h. Jakmile kov druhé dávky ztuhl více než spoluminy, odlévá se třetí dávka a další dávky tak, jak je popsáno na příkladu odlévání druhé dávky. Po odlití poslední dávky tekutého kovu odstraňuje se staženina ohřevem struskové lázně grafitovými elektrodami. Způsob podle tohoto příkladu provedení je vhodný pro odlévání ingotů o hmotnosti nad 50 t z ocelí obsahujících do 0,45 % uhlíku.

Příklad 2

Odlévání kovářských ingotů hmotnosti 200 t, z ocelí obsahujících 0,20 až 0,50 % uhlíku, se provádí shora popsaným postupem s výjimkou doby přerušování proudu tekutého kovu při odlévání druhé a dalších dávek. Proud tekutého kovu se s výhodou přerušuje na 30 min, když výška sloupce najednou odlévaného kovu činí 0,1 celkové výšky odlévané dávky.

Příklad 3

Odlévání kovářského ingotu hmotnosti 50 t, z ocelí obsahujících 0,30 % uhlíku, se provádí do chlašené kokily průměru 1,6 m a výšky 3,2 m. První dávka tekutého kovu se odlévá plynule tak dlouho, až její hmotnost činí 10 t. Po ztuhnutí kovu první dávky více než spoluminy odlévá se druhá dávka, přičemž se proud tekutého kovu periodicky přerušuje. Proud se přerušuje na 30 min, když výška sloupce právě odlévaného kovu činí 0,5 výšky celé druhé dávky. Odlévání třetí a dalších dávek tekutého kovu se provádí obdobně.

Příklad 4

Odlévání kovářského ingotu hmotnosti 50 t, z ocelí obsahujících 0,25 % uhlíku, se provádí stejně jako v předcházejícím příkladu s výjimkou doby přerušování proudu při odlévání druhé a dalších dávek. Proud tekutého kovu se v tomto případě přerušuje na 3 min, když výška sloupce právě odlévaného kovu činí 0,5 celkové výšky odlévané dávky.

Příklad 5

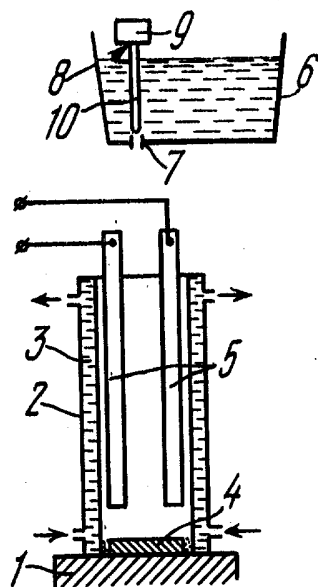
Odlévání kovářského ingotu hmotnosti 200 t, z ocelí obsahujících 0,20 až 0,35 % uhlíku, se provádí s periodickým přerušováním proudu tekutého kovu při odlévání druhé a dalších dávek. Proud tekutého kovu se přerušuje na 12 min, když výška sloupce právě odlévaného kovu činí 0,28 celkové výšky odlévané dávky. Tato obměna postupu je univerzální a je vhodná při odlévání ingotů od 10 do 350 t z ocelí obsahujících od 0,10 do 0,60 % uhlíku.

Shora popsaný postup elektrostruskového odlévání kovových ingotů je nejperspektivnější pro výrobu vysoce jakostních kovářských ingotů hmotnosti od 40 do 350 a více tun, které jsou vhodné zejména na výrobu rotorů turbin o výkonu nad 1 000 MW v jednom agregátu. Podstatnou výhodou způsobu podle vynálezu ve srovnání se známým stavem techniky je to, že vylučuje vznik zavalenin na povrchu ingotu při dávkovaném elektrostruskovém odlévání a že současně nezmenšuje výrobnost tohoto způsobu odlévání.

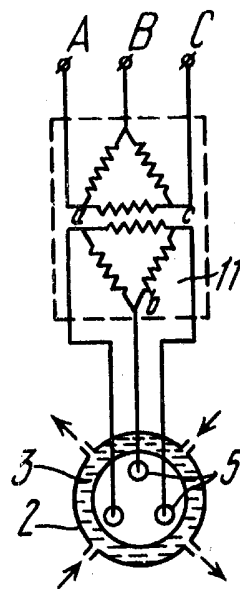
K provádění způsobu podle vynálezu mohou být použita i jiná zařízení, než to, které bylo shora popsáno v konkrétním příkladu. Zejména k periodickému přerušování proudu tekutého kovu může být použita známá sklopná licí pánev, šoupátkový uzávěr nebo elektromagnetický dávkovací uzávěr.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

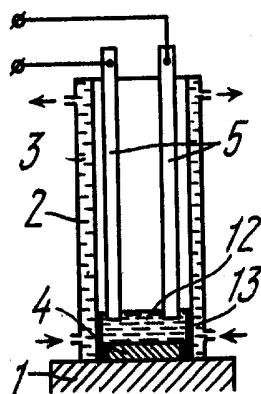
1. Způsob elektrostruskového odlévání kovových ingotů, při němž se v chlazené kokile vytváří strusková lázeň, která se netavnými elektrodami ohřívá a skrze vrstvu struskové lázně se do chlazené kokily postupně v dávkách odlévá tekutý kov, vyznačující se tím, že se odlévání druhé a dalších dávek tekutého kovu provádí nespojitě periodickým přerušováním proudu tekutého kovu.
2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že se při odlévání druhé a dalších dávek tekutého kovu proud tekutého kovu dočasně přerušuje, jakmile výška sloupce právě odlitého tekutého kovu dosáhne 0,1 až 0,5 celkové výšky odlévané dávky tekutého kovu.
3. Způsob podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že se při odlévání druhé a dalších dávek tekutého kovu proud tekutého kovu přerušuje na dobu 3 minuty až 30 minut.



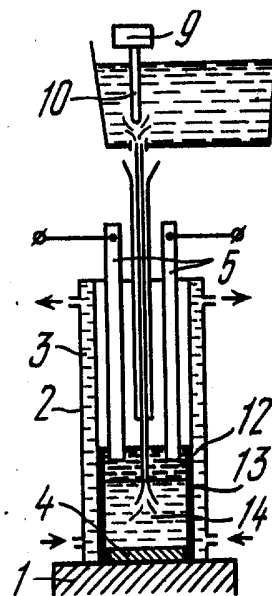
Obr. 1



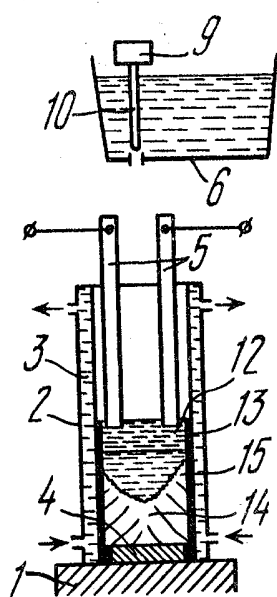
Obr. 2



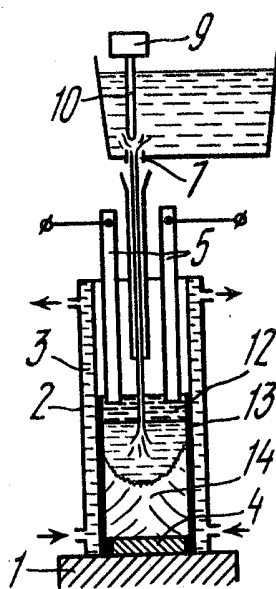
Obr. 3



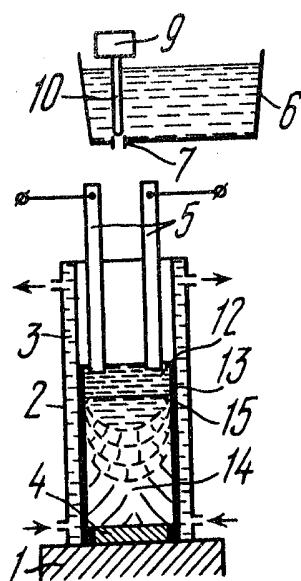
Obr. 4



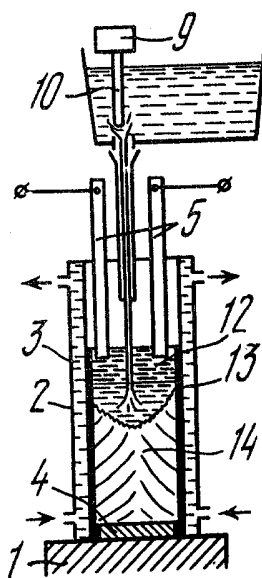
Obr. 5



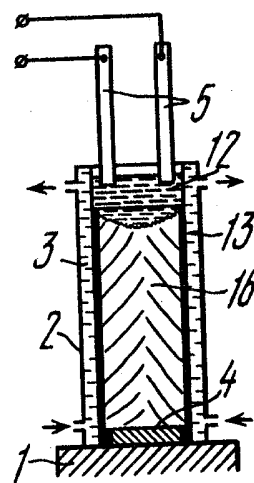
Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9