



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

216 728

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 20 08 80
(21) PV 5698-80

(51) Int. Cl.³ C 25 B 11/02

(40) Zveřejněno 29 01 82

(45) Vydáno 01 10 84

(75)

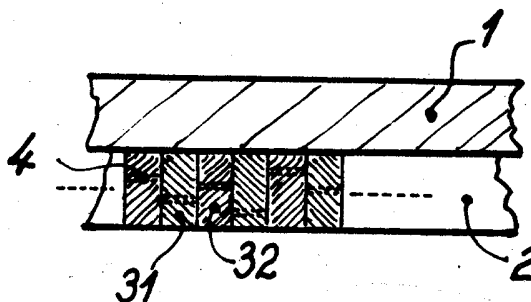
Autor vynálezu

KUFUDAKIS ALEKOS RNDr., PRAHA

(54)

Bipolární elektroda

Mezi anodovou a katodovou část je případně vložena alespoň jedna separační vrstva a/nebo alespoň jedna konstrukční vrstva. Spojení anodové části a katodové části případně s vloženými vrstvami je provedeno např. plátováním výbuchem. Podle vynálezu je katodová část vytvořena alespoň ze dvou elementů ve tvaru tyčí umístěných těsně vedle sebe a oddělených kapilární štěrbinou. Tyče jsou na obou stranách spojeny spolu nebo s rámem. Kolmo k alespoň jednomu elementu a ke katodové části je upraveno alespoň jedno žebro. Alespoň jedna tyč je opatřena alespoň jedním kanálkem mezi kapilárními štěrbinami. Tyče jsou z oceli nebo železa případně z jiného materiálu.



Vynález se týká bipolární elektrody určené pro užití v elektrolyzáru, vytvořené z anodové části a z katodové části, mezi něž je případně vložena alespoň jedna separační vrstva a/nebo alespoň jednak konstrukční vrstva, přičemž spojení anodové části s katodovou částí případně s vloženými vrstvami je provedeno například plátováním výbuchem. Katodová část je podle vynálezu upravena tak, aby se podstatně prodloužila její trvanlivost tím, že se zmírní nebo zcela odstraní možnost poškození spojení katodové části s anodovou částí, případně s vloženými vrstvami, difundujícím vodíkem.

Kovová bipolární elektrody, které byly v posledních letech vykonstruovány a začaly se používat, jsou vytvořeny z katodové části a z anodové části. Katodová část nebo její povrchová vrstva může být zhotovena z kovu, například ze železa, hliníku, niklu, olova, zinku, cínu nebo jejich slitin. V elektrolyzáru se katodová část bipolární elektrody polarizuje katodicky a přitom vzniká na jejím povrchu vodík. Anodová část je obvykle zhotovena z titanového plechu, povlečeného drahým kovem jako je platina, slitina platiny s iridiem nebo rubidiem, dále oxidy drahých kovů jako je kysličník rutheničitý. Při zapojení v elektrolyzáru se anodová část bipolární elektrody polarizuje anodicky a přitom na ní vzniká kyslík případně chlor.

Oblastí elektrody mezi jejími anodicky a katodicky pracujícími částmi se rozumí ta část bipolární elektrody, která je složena alespoň ze dvou vrstev a je situována mezi anodicky a katodicky pracujícími povrchovými plochami bipolární elektrody.

Anodový povrch, například titanový plech, bývá spojen s katodovým povrchem, například ocelí, plátováním výbuchem. Takto zhotovená bipolární elektroda bývá poškozena působením vodíku, který se vylučuje na katodovém povrchu a který difunduje přes katodový materiál směrem k anodě. Na spojení oceli s titanem se tvoří hydrid titanu, případně se uvolňuje plyný vodík. Takovým způsobem difundující vodík narušuje spojení katodové a anodové části elektrody, v daném případě vede k narušení spojení ocel-titan a po určité době ke značné deformaci a nakonec se spojení rozpadne.

Aby se zabránilo narušování tohoto spojení katodové a anodové části účinkem difundujícího vodíku, je použito separační vrstvy, přes níž se provádí elektrické a mechanické spojení anodické a katodické části bipolární elektrody. Separací vrstva - nazývaná též bariéra - je ze zlata, stříbra, cínu, olova, kobaltu, molybdenu, wolframu nebo mědi; bariéra se vyznačuje nízkou difuzivitou případně permeabilitou pro vodík. Bipolární elektroda tohoto provedení, tedy tříložková, zhotovená výbuchovým plátováním, má však na rozhraní ocel-bariéra malý počet mikroskopických pórů, v nichž se difundující atomární vodík slučuje na molekulární, přičemž vznikají vysoké tlaky. To znamená, že ani takto zdokonalená bipolární elektroda se zabudovanou bariérou nemá životnost delší nežli několik měsíců a opět dojde k narušení elektrického a mechanického spojení na rozmezí ocel-bariérový kov.

Zkoušelo se zabránit difuzi vodíku směrem k titanové části bipolární elektrody tím způsobem, že se mezi titanovou a ocelovou složkou elektrody vytvořila dutina,

na jejímž vnitřním povrchu tj. na povrchu ocelové složky docházelo k rekombinaci atomárního vodíku na plynný vodík. Vodivé elektrické spojení se uskutečnilo přes rám bipolární elektrody, stažený šrouby. Aby úbytky napětí průtokem silného elektrického proudu nebyly příliš velké, musí být rám masivní a na stykových plochách zabroušený. Vzdor těmto opatřením jsou úbytky napětí při průtoku proudu plochou vyšší nežli u bipolární elektrody, sestavené z desek titan-ocel a spojených výbuchovým plátováním. Navíc vzniká nebezpečí koroze kolem spojovacích šroubů rámu.

Problém vedení proudu u elektrolyzáru kalolisového typu byl rovněž řešen velkým počtem šroubů z mědi nebo mosazi, zapuštěných do prohlubní vylisovaných v ocelové desce katodové části; matice šroubů pak vyčnívají do mezielektrodového prostoru. Mezi titanovou a ocelovou deskou bipolární elektrody byla vložena bariéra z inertního materiálu, například z polyvinylchloridu. Popsaný typ bipolární elektrody a její montáž jsou komplikované, tloušťka elektrody je značná.

Dále bylo navrženo do dutiny mezi titanovou a ocelovou složku katodové části bipolární elektrody navařit spojovací článek titan-měď-ocel, zhotovený plátováním výbuchem a navíc propojený měděnými nýty. Výroba takové bipolární elektrody je velmi složitá, proud ze spojovacích článků na pracovní titanové a ocelové plochy se přivádí přes distanční kolíky, které mají průřez o velikosti pouze 10 % pracovní plochy bipolární elektrody, čímž opět vzniká velký úbytek napětí.

Nosné desky z oceli a titanu, které nesou vlastní pracovní katodové a anodové rošty, mohou být spojeny měděnými pasy nebo lištami, naplátovanými výbuchem na nosné desky. Plocha lišt je jen 10 % průřezu elektrody; průchod proudu je omezen, elektroda je široká a nerozložitelná. Možnost rekombinace vodíku v pórech spojení ocel-měď není odstraněna.

Dutina mezi titanovou a ocelovou deskou může být vyplněna nízkotající slitinou, která je při pracovní teplotě elektrolyzáru kapalná. Na rozhraní ocelové katodicky pracující desky a kapalné slitiny dochází k rekombinaci prošlého atomárního vodíku, který v plynném stavu probublává mimo elektrodu. Potíže působí to, že při vysokých proudových hustotách se do kapalného kovu uvolňuje velké množství vodíku, který odlišně probublává, zejména u vysokých elektrod. Ve vrstvě kapalného kovu se vytvářejí dutiny naplněné vodíkem část kapalného kovu se vytlačuje mimo elektrolyzáru a průchod proudu se zhoršuje. Také odstraňování ztuhlého kovu, vyteklého z elektrolyzáru, je obtížné a jeho ztráty značné.

Podstatou vynálezu je bipolární elektroda, určená pro užití v elektrolyzáru, vytvořená z anodové části a z katodové části, mezi něž je případně vložena alespoň jedna separační vrstva a/nebo alespoň jedna konstrukční vrstva, přičemž spojení anodové části s katodovou částí případně s vloženými vrstvami je provedeno například plátováním výbuchem. Podle vynálezu je katodová část bipolární elektrody vytvořena

alespoň ze dvou elementů ve tvaru tyčí umístěných těsně vedle sebe a oddělených alespoň jednou kapilární štěrbinou, přičemž alespoň jeden z elementů katodové části je opatřen alespoň jedním kapilárním kanálkem mezi kapilární štěrbinou a protilehlou stěnou elementu a/nebo mezi kapilárními štěrbinami, příslušnými alespoň jednomu elementu katodové části a konce sousedních elementů jsou na obou stranách spolu nerozebíratelně spojeny a/nebo nerozebíratelně upevněny ku vnějšímu rámu. Kolmo k alespoň jednomu elementu a zároveň kolmo ke katodové části je upraveno alespoň jedno žebro, které je elektricky vodivé spojeno s alespoň dvěma elementy katodové části a nerozebíratelně upevněno k těmto alespoň dvěma elementům a/nebo ku vnějšímu rámu. Dále jsou podle vynálezu alespoň dva elementy katodové části zhotoveny například z oceli nebo železa.

Bipolární elektroda podle vynálezu má více výhod proti dosud známým a užívaným konstrukcím. Především je hlavní výhodou podstatné zvýšení trvanlivosti bipolární elektrody; tato zvýšená trvanlivost je důsledkem odstranění vodíkové koroze, která se nemůže uplatnit vlivem konstrukční úpravy, znemožňující destrukci spojení katodové a anodové části, případně spojení katodové části a vložené alespoň jedné separační a/nebo konstrukční vrstvy. Další výhodou bipolární elektrody podle vynálezu je zvýšená provozní spolehlivost vlivem toho, že je snížena, případně znemožněna možnost vzniku bubliny na rozhraní železo-titan případně železo-bariérová vrstva a následkem toho deformace elektrody a vznik zkratů dvou sousedních bipolárních elektrod, to znamená možnost vzniku zkratu mezi poškozenou, deformovanou bipolární elektrodou a sousední bipolární elektrodou, nebo je naopak snížena, případně znemožněna možnost vzniku nenadálého zvýšení a elektrického odporu mezi oběma sousedními bipolárními elektrodami. Vlivem toho nemohou vzniknout ani škodlivé dynamické účinky, které při provozu, při proudu o intenzitě řádově tisíců ampérů, bezpodmínečně vzniknou v případě zkratu následkem deformace bipolární elektrody působené vodíkem, a/nebo při náhlé změně elektrického odporu bipolární elektrody. Další výhodou je případná nižší hmotnost bipolární elektrody podle vynálezu a její menší tloušťka a s tím související nižší pořizovací náklady. Tím, že je konstrukcí podle vynálezu odstraněno nebezpečí destrukce spojení obou částí bipolární elektrody difundujícím vodíkem, odpadá celá řada konstrukčních omezení. Z hlediska výrobního je řešení podle vynálezu taktéž výhodné zjednodušením technologického postupu.

Na přiložených výkresech jsou znázorněny příklady provedení bipolární elektrody podle vynálezu. Na obr. 1 je znázorněn řez základním, nejjednodušším provedením bipolární elektrody, vytvořené pouze z anodové a katodové části, přičemž elementy katodové části jsou ve tvaru tyčí obdélníkového průřezu, na obr. 2 a obr. 3 jsou znázorněny řezy alternativních provedení katodové části bipolární elektrody podle obr. 1, na obr. 4 je provedení bipolární elektrody se separační vrstvou tj. takzvanou bariérou, na obr. 5 je provedení bipolární elektrody se dvěma vrstvami mezi anodovou

a katodovou částí, na obr. 6 je provedení bipolární elektrody se třemi vrstvami mezi anodovou a katodovou částí, na obr. 7 je pohled na část sestavy bipolární elektrody podle obr. 1, obr. 2 a obr. 3, na obr. 8 je znázorněn řez bipolární elektrodou v případě, že elementy katodové části jsou ve tvaru obdélníkových destiček, na obr. 9 je pohled na část sestavy bipolární elektrody podle obr. 8, na obr. 10 je pohled na část sestavy bipolární elektrody v případě, že elementy katodové části jsou ve tvaru šestiúhelníkových hranolků, přičemž řez takovou bipolární elektrodou je v podstatě znázorněn takéž na obr. 8.

Na obr. 1 je na anodovou část 1 z ventilového kovu, například titanu, přímo naplátována výbuchem katodová část 2, vytvořená ze souboru elementů 3a ve tvaru tyčí, které mají obdélníkový průřez a každý z nich je případně opatřen alespoň jedním kapilárním kanálkem 4 mezi protilehlými styčnými plochami. Elementy 3a jsou z oceli nebo železa, případně z jiného vhodného kovu.

Na obr. 2 je na anodovou část 1 opět přímo naplátována výbuchem katodová část 2, z oceli nebo železa, případně z jiného vhodného kovu, která je vytvořena ze souboru elementů 3b ve tvaru tyčí, které mají v podstatě obdélníkový průřez s osazením a mohou být takéž opatřeny aspoň jedním kapilárním kanálkem 4.

Na obr. 3 je na anodovou část 1 také přímo naplátována výbuchem katodová část 2, která je vytvořena ze souboru elementů 3c ve tvaru ocelových nebo železných tyčí, které mají lichoběžníkový průřez a mohou být opět opatřeny aspoň jedním kapilárním kanálkem 4.

Na obr. 4 je mezi anodovou část 1 a katodovou část 2 z oceli nebo železa vložena separační vrstva 6. Katodová část 2 je pro jednoduchost znázorněna stejně jako na obr. 1. Anodová část 1 je opět se separační vrstvou 6 a s katodovou částí 2 spojena naplátováním výbuchem.

Na obr. 5 je mezi anodovou část 1 a katodovou část 2 z oceli nebo železa vložena jednak separační vrstva 6, jednak konstrukční vrstva 7 z nízkotavitelného kovu. Katodová část 2 je pro jednoduchost znázorněna stejně jako na obr. 1. Anodová část 1 je opět s konstrukční vrstvou 7, separační vrstvou 6 a katodovou částí 2 spojena naplátováním výbuchem.

Na obr. 6 je mezi anodovou část 1 a katodovou část 2 z oceli nebo železa vložena jednak separační vrstva 6, jednak první konstrukční vrstva 7, jednak druhá konstrukční vrstva 8. Katodová část 2 je pro jednoduchost znázorněna stejně jako na obr. 1.

Na obr. 7 je pohled na část souboru elementů 3a, 3b, 3c katodové části. Elementy jsou buď na obou koncích spolu nerozebíratelně spojeny, například svařeny - je naznačena svařená hrana 9 - nebo jsou nerozebíratelně spojeny podél hrany 9 a rámem 10. Elementy mohou být opatřeny opět kapilárními kanálky 4.

Na obr. 8 je znázorněna anodová část 1 a katodová část, která je vytvořena souborem elementů 11 ve tvaru hranolů například trojbokých, čtyřbokých, případně šestiokých nebo jinak účelně tvarovaných. Tento soubor elementů 11 je nerozebíratelně upevněn k nosné desce 12 a případně je ještě obepnut rámem 10. Anodová část 1 je nerozebíratelně spojena s deskou 12 například naplátováním výbuchem. Elementy 11 jsou umístěny tak těsně vedle sebe, že mezi nimi vznikají pouze kapilární štěrby. Alternativy provedení bipolární elektrody podle obr. 8 jsou analogické alternativám provedení bipolární elektrody podle obr. 4 s vloženou separační vrstvou 6 mezi anodovou část 1 a katodovou část 2, vytvořenou souborem tyčových elementů 3a, 3b, 3c; znamená to, že mezi anodovou část 1 a katodovou část 2 lze vložit ještě kromě separační vrstvy 6 první konstrukční vrstvu 7, případně ještě druhou konstrukční vrstvu 8. Přitom katodová část 2 je vytvořena souborem elementů 11 ve tvaru hranolků, například trojbokých, čtyřbokých, atd., případně hranolků několika druhů, které vytvoří úplnou mozaiku.

Na obr. 9 je pohled na část souboru elementů 11 katodové části. Elementy 11 například ve tvaru čtyřbokých hranolků mohou být opatřeny alespoň jedním kapilárním kanálkem 4 a upevněny v rámu 10.

Na obr. 10 je pohled na část souboru elementů ve tvaru šestiokých hranolků případně opatřených alespoň jedním kapilárním kanálkem 4 a upevněných v rámu 10. Šestioké hranolky jsou doplněny trojbokými hranolkami a nerozebíratelně spojeny s rámem 10.

Činnost bipolární elektrody podle vynálezu lze popsat následovně: na začátku elektrolyzy v kapilárních štěrbinách mezi elementy katodové části 2 buď není žádný elektrolyt a to vlivem působení kapilárních sil, anebo vodík, vzniklý ihned po započetí elektrolytického procesu, vytlačí elektrolyt z této kapilární štěrby, vytvoří se takzvaná plynová "kapsa" a tím se zabrání vzniku elektrolyzy uvnitř kapilární štěrby. Pro další popis činnosti je sledováno provedení bipolární elektrody podle obr. 1, případně obr. 2 a obr. 3. Vodík, který difunduje z pracovního povrchu katodové části 2 směrem k anodové části 1, se přednostně vylučuje a rekombinuje na molekulární vodík v kapilárních štěrbinách mezi elementy a vybublává zpět na pracovní povrch katodové části 2. Vlivem toho koncentrace vodíku v blízkosti spojení katodové části 2 s anodovou částí 1 je nižší nežli ta koncentrace, která by jinak byla schopna toto spojení poškodit.

Alternativní provedení bipolární elektrody podle obr. 2 a obr. 3 je teoreticky i prakticky možné, ale neskýtá žádných výhod. Obě provedení jsou uvedena pouze pro úplnost informace. Kapilární kanálky 4 umožňují intenzivnější postup vodíku směrem od spojení anodové části 1 s katodovou částí 2 k pracovnímu povrchu; tím způsobem se chrání toto spojení před poškozením.

Na obr. 4 znázorněná separační vrstva 6, takzvaná "bariéra", je zhotovena z mědi

nebo stříbra, železa nebo niklu, kobaltu, zinku nebo slitiny. Tato vrstva 6 je spojena s katodovou částí 2 buď plátováním výbuchem nebo je vytvořena elektrolyticky, případně plazmaticky. Účelem vrstvy 6 je zabránit průniku vodíku směrem k anodové části 1. Kromě toho vrstva 6 usnadňuje dokonalé spojení anodové části 1 z titanu s katodovou částí 2, složenou buď z elementů 3a, 3b nebo 3c, ve tvaru tyčí z oceli anebo železa, nebo z elementů 11 ve tvaru hranolků.

Na obr. 5 znázorněné provedení bipolární elektrody podle vynálezu obsahuje kromě separační vrstvy 6 ještě první konstrukční vrstvu 7. Účel separační vrstvy 6 je jednak stejný jako je popsáno u obr. 4, jednak má za úkol zabránit zatékání lehkotavitelného kovu, z něhož je zhotovena první konstrukční vrstva 7, do kapilárních štěrbin v katodové části 2. Účelem první konstrukční vrstvy 7 z nízkotavitelného kovu je vytvořit snadno rozebíratelnou bipolární elektrodu, to znamená zajistit snadné oddělení anodové části 1 od katodové části 2 v případě potřeby regenerace aktivní vrstvy na povrchu anodové části 1.

Na obr. 6 znázorněná druhá konstrukční vrstva 8 je opět zhotovena z mědi nebo stříbra apod., jako separační vrstva 6, a jejím účelem je zlepšení pájení a spojení anodové části 1 z titanu s první konstrukční vrstvou 7 z nízkotavitelného kovu, který nesmáčí titan.

Pokud bipolární elektroda podle obr. 7 je opatřena aspoň jedním žebrem pro zvětšení pracovní plochy katodové části 2, pak toto alespoň jedno žebro, které je umístěno kolmo ke kapilárním štěrbinám a zároveň kolmo na katodovou část 2, je mechanicky upevněno k rámu 10 a elektricky vodivě spojeno s elementy 3a, 3b, 3c katodové části. V případě, že není užito rámu 10, pak toto alespoň jedno žebro je k elementům 3a, 3b, 3c ve tvaru tyčí mechanicky upevněno a zároveň s nimi elektricky vodivě spojeno.

Pokud je bipolární elektroda vytvořena podle obr. 8 je nutné, aby poměr nejmenšího rozměru průřezu elementu 11 ve tvaru hranolku a výšky elementu 11, to znamená tloušťky katodové části, byl menší nežli 1,0.

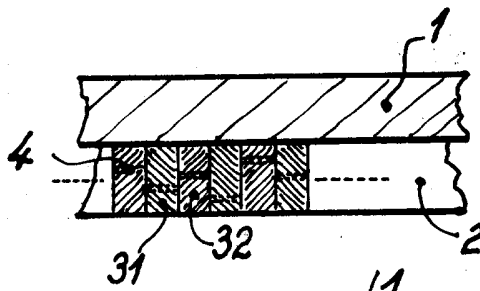
Provedení bipolární elektrody podle obr. 8 lze modifikovat tím způsobem, že mezi anodovou část 1 a nosnou desku 12 elementů 11 katodové části lze vložit separační vrstvu 6 a případně jednu až dvě konstrukční vrstvy 7, 8, podobně jako znázorněno na obr. 4, obr. 5 a obr. 6 v případě katodové části 2 vytvořené z elementů 3a, 3b, 3c ve tvaru tyčí.

Z hlediska snadné výroby je zhotovení bipolární elektrody podle obr. 7 výhodnější s užitím rámu 10, neboť nevznikají komplikace technologické povahy, které nezbytně provázají provedení bez rámu.

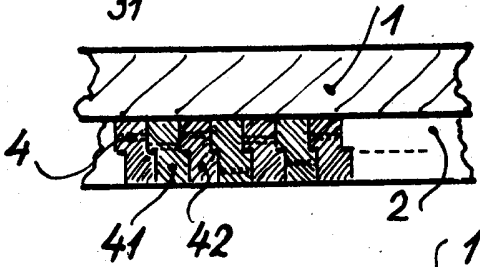
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Bipolární elektroda, určená pro užití v elektrolyzáru, vytvořená z anodové části a z katodové části, mezi něž je případně vložena alespoň jedna separační vrstva a/nebo alespoň jedna konstrukční vrstva, přičemž spojení anodové části s katodovou částí, případně s vloženými vrstvami, je provedeno například plátováním výbuchem, vyznačená tím, že její katodová část (2) je vytvořena alespoň ze dvou elementů (31, 32) ve tvaru tyčí, umístěných těsně vedle sebe a oddělených alespoň jednou kapilární štěrbinou, přičemž alespoň jeden z elementů (31, 32) katodové části (2) je opatřen alespoň jedním kapilárním kanálkem (4) mezi kapilární štěrbinou a protilehlou stěnou elementu a/nebo mezi kapilárními štěrbinami, příslušnými jednomu elementu (31, 32) katodové části (2), a konce sousedních elementů (31, 32) jsou na obou stranách spolu nerozebíratelně spojeny a/nebo nerozebíratelně upevněny ku vnějšímu rámu (10) a kolmo k alespoň jednomu elementu (31, 32) a zároveň kolmo ke katodové části (2) je upraveno alespoň jedno žebro, které je elektricky vodivé spojeno s alespoň dvěma elementy (31, 32) katodové části (2) a je nerozebíratelně upevněno k těmto alespoň dvěma elementům (31, 32) katodové části (2) a/nebo ku vnějšímu rámu (10).
2. Bipolární elektroda podle bodu 1, vyznačená tím, že alespoň dva elementy (31, 32) katodové části (2) jsou zhotoveny například z oceli nebo železa.

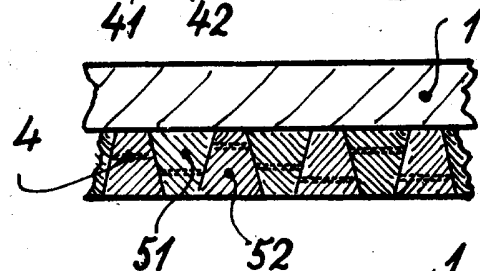
1 výkres



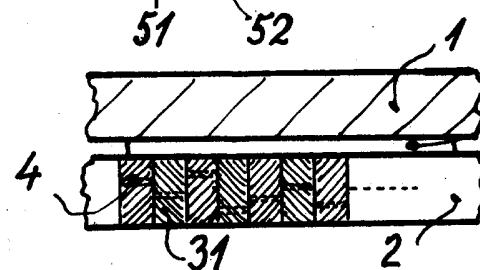
Obr. 1



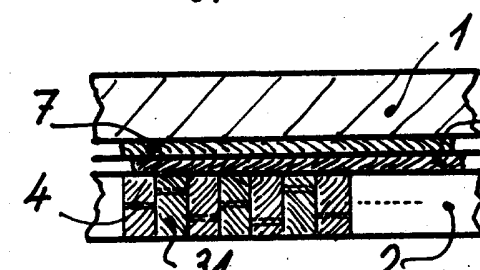
Obr. 2



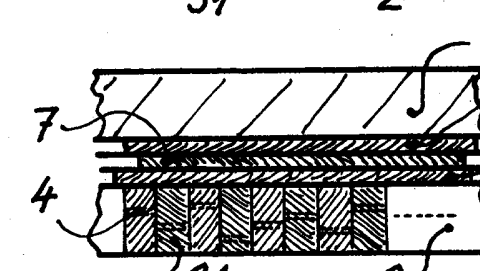
Obr. 3



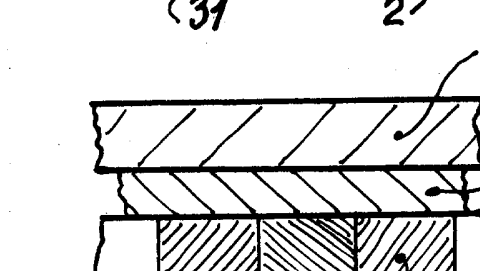
Obr. 4



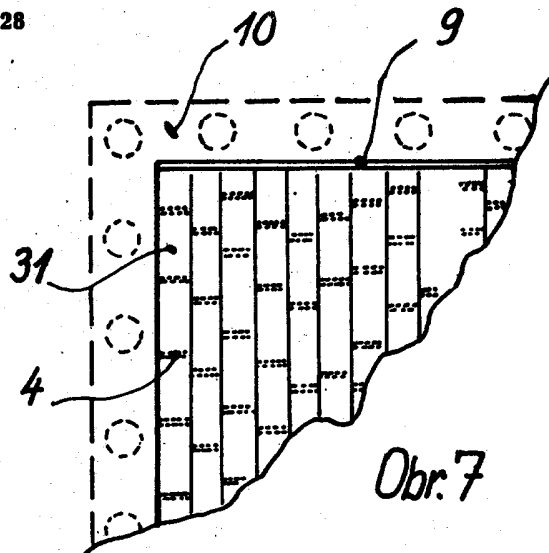
Obr. 5



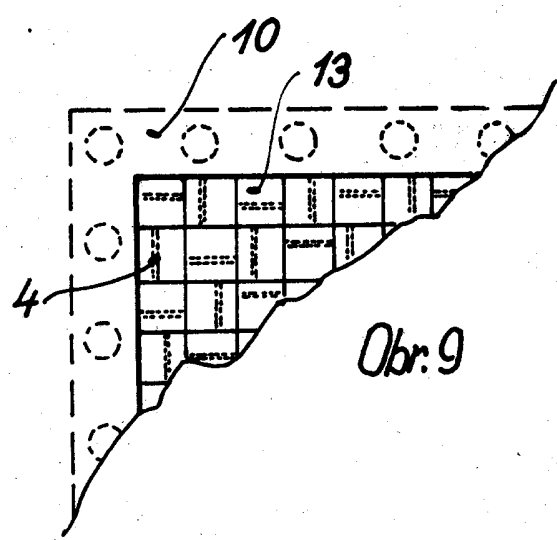
Obr. 6



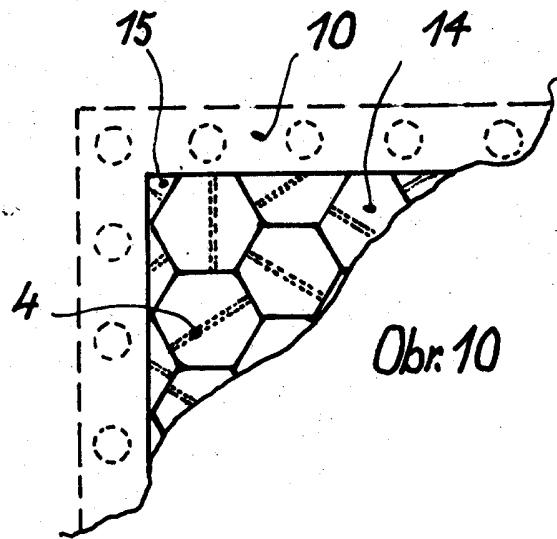
Obr. 8



Obr. 7



Obr. 9



Obr. 10