



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

197 836

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 06 04 78
(21) PV 2242-78

(51) Int. Cl.³ H 05 B 5/18

6/36 opm

(40) Zveřejněno 31. 08. 79
(45) Vydáno 01. 5. 82

(75)

Autor vynálezu NOVOTNÝ MILOSLAV ing., PRAHA
KOSAŘ FRANTIŠEK ing., ÚVALY

(54) Způsob tepelného zpracování dusané nebo lité vyzdívky v induktoru kruhového i nekruhového průřezu, určeného pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu

Způsob tepelného zpracování dusané nebo lité vyzdívky v induktoru kruhového i nekruhového průřezu, určeného pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu.

Vynález řeší problém zvýšené pevnosti a odolnosti dusané nebo lité vyzdívky ve středofrekvenčních indukčních ohřívacích zařízeních, určených pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu, kde před tepelným zpracováním se vodící elementy z činného prostoru induktoru vyjmou. Úkol je řešen tak, že vyzdřený induktor se pootočí kolem podélné osy tak, že část vyzdívky, která je ve funkční poloze induktoru dole, je pro provedení výpalu nahoře, načež se na vyzdívku působí žářem plamene hořáku tak dlouho, až se dosáhne slinovací teploty materiálu vyzdívky a slinutí povrchové vrstvy do hloubky minimálně 1/6 a maximálně 1/3 tloušťky vyzdívky.

Předmětem vynálezu je způsob tepelného zpracování dusané nebo lité vyzdívky v induktoru kruhového i nekruhového průřezu, určeného pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu.

Požadavky, kladené na vyzdívku induktorů, určených pro ohřev oceli na kovářskou teplotu, popřípadě i jiných kovů na teplotu tváření, jsou náročné. Vyzdívka musí být odolná vůči provozním teplotám, zpravidla do 1300 °C, musí snést časté teplotní změny, neboť ohřev se v průběhu jedné směny zpravidla několikrát přerušuje, musí snést i tepelné šoky například při havariím roztavení nebo natavení ohříváného materiálu nebo také havarijním únikem vody z porušené vodicí lišty, určené pro vedení materiálu v induktoru. Musí být dostatečně mechanicky pevná a odolná proti otěru, aby snášela váhu ohříváného materiálu, který na vyzdívce zpravidla spočívá prostřednictvím vodou chlazených lišt, musí odolat mechanickému namáhání, vznikajícímu při poruchách mechanického pohybu ohříváného materiálu, zejména na vstupu a na výstupu. Musí odolat i erozi vodou, havarijně vytékající z poškozených vodicích lišt nebo z poškozeného chlazeného vinutí induktoru. Hlavním kritériem pro posouzení kvality vyzdívky je dlouhodobá odolnost vůči elektrickému průrazu, zpravidla vznikajícímu mezi elektrickým vinutím induktoru a vodicími lištami, částečně zapuštěnými do vyzdívky. Tento úkol je ztěžován zejména neustálou přítomností okují, odpadávajících z ohříváného materiálu. Při všech výše uvedených kriteriích má vyzdívka relativně malou tloušťku, zpravidla 10 až 30 mm, neboť zbytečně velká tloušťka vyzdívky snižuje elektrickou účinnost induktoru a zvyšuje nároky na výkon kompenzační kondenzátorové baterie. Nejobvyklejším typem ohřevu je postupný ohřev nastříhaných kovových přířezů kruhového nebo čtvercového průřezu, v induktorech o relativně velké délce vůči přísnému průřezu ohříváného materiálu. U těchto "štíhlých" induktorů se obtížně provádí čištění, údržba i kontrola a opravy vyzdívky zvláště ve středních partiích induktoru. Požadavky na vyzdívkovou hmotu pro daný účel zpravidla nejlépe splňují vyzdívkové silikátové hmoty na bázi kysličníků křemičitého a hlinitého. Základní podmínkou pro dobrou funkci vyzdívek je u všech keramických hmot dokonalé tepelné zpracování hmoty v nejširším smyslu, začínaje dlouhodobým přirozeným sušením až po vypálení na výrobcem hmoty doporučenou vypalovací teplotu, při které se dosáhne slinutí keramického střepu, neboť teprve po něm nabývá hmota souhrnu požadovaných vlastností. Dosavadní tepelné zpracování vyzdívek se v zásadě provádí dvěma způsoby. Jedním způsobem je kompletní výroba a tepelné zpracovávání vyzdívky mimo induktor a její následující montáž do induktoru. Druhým způsobem jsou tak zvané formované vyzdívky, kdy se hmota tvaruje přímo v induktoru, zde se pak provede její úplné tepelné zpracování. Nejdůležitějším případem formovaných vyzdívek jsou tak zvané vydusávané vyzdívky, kdy se vyzdívka vydusává za pomoci vodicího trnu přímo v induktoru, kde proběhne i úplné tepelné zpracování. První způsob se i přes některé přednosti dostatečně nerozšířil. Hlavní závadou bývá špatná mechanická i tepelná vazba mezi induktorem a vloženou vyzdívkou, která pak zavinuje i relativně vyšší křehkost a tedy i nižší životnost vyzdívky. Za největší závadu se považuje možnost havarijního vysunutí celé vložené vyzdívky z induktoru a tím i obnažení elektrického vinutí induktoru. Místní opravy se zpravidla neprovádějí, bývá nutno vyměnit celý díl vyzdívky. U druhého,

rozšířenějšího způsobu se vyzdívka formuje, zpravidla udusává přímo v induktoru, což se zajistí kvalitní mechanickou i tepelnou vazbu mezi vyzdívkou a vinutím a konstrukčními díly induktoru. Místní opravy vyzdívky lze provádět bez potíží. Konečnou etapu tepelného zpracování - výpal na cca 1200 až 1500 °C - je nutno provést přenosem tepla od vnitřní funkční plochy vyzdívky směrem ke vnější ploše, která má kontakt s měděným vinutím vyzdívky induktoru. Určitá část vyzdívky, přiléhající k elektrickému vinutí, tedy vždy zůstane nedokonale tepelně zpracována, je tedy méně křehká a zlepšuje mechanické vlastnosti vyzdívky jako celku. Vytvoření základní, dostatečně slinuté a tedy i pevné a nepřetržité vrstvy je však stále hlavní podmínkou funkční způsobilosti celého systému. Vlastní proces tepelného zpracování probíhá následovně: Po vydusání se induktor suší přirozeným sušením nebo v proudě teplého vzduchu co nejdéle, nejlépe tři týdny. V další etapě se teplota sušení zvýší na 100 až 130 °C, a to horkým vzduchem, párou ve vinutí induktoru, indukčním ohřevem oceli v induktoru nebo topnými trny, následuje další etapa úniku chemicky vázané vody při teplotách cca 400 až 600 °C, po ukončení úniku vody pak konečná fáze - výpal na výrobcem předepsanou teplotu, zpravidla 1200 až 1450 °C i více, kdy dochází ke slinování keramického střepu. V této konečné etapě tepelného zpracování - výpalu - se vytváří na funkční ploše vyzdívky rozhodující slinutá vrstva na povrchu vyzdívky. Podle současného stavu se tento výpal provádí prostřednictvím indukčního ohřevu oceli - vsázky, tedy v režimu, podobném běžnému pracovnímu stavu induktoru. Ohřívaná ocel se uloží na vodou chlazená vodítka a přivede se na vzduchu na dlouhodobě přípustnou maximální teplotu oceli a udržuje se v tomto stavu po dobu cca 4 hodin. Není tedy zapotřebí žádných doplňkových žhacích zařízení, cizích energií nebo nových neobvyklých materiálů nebo zvláštních bezpečnostních opatření. Z tohoto důvodu má až dosud výpal pomocí indukčně ohřáté oceli, předávající své teplo vyzdívce sáláním, prakticky monopolní postavení. Hlavní nevýhodou stávajícího způsobu je však nízká životnost vyzdívky vlivem nedosažení optimálních vlastností silikátového materiálu, způsobená tenkou, nedostatečně slinutou a necelistvou vrchní funkční vrstvou vyzdívky. Další nevýhody známého způsobu, kdy se teplo předává vypalované vyzdívce sáláním z indukčně ohříváné oceli, spočívají v tom, že při dlouhodobém žhání na vzduchu se povrch i těch nej kvalitnějších ocelí pokrývá okujemi z ohříváné vsázky. Okuje mají nižší teplotu, než indukčně ohříváné jádro ocelového materiálu; po několikahodinovém ohřevu se běžně vyskytuje případ, kdy povrch okujené oceli má teplotu 1150 °C a jádro oceli je roztavené, prorazí slupku okují a zničí celou dosavadní práci. Efektivní dlouhodobá teplota, kterou je schopna ocel snášet a kterou tedy sálá na tepelně zpracovávanou vyzdívku tedy není vyšší, než 1150 až 1200 °C. Tato hodnota leží značně níže než optimální teplota výpalu nejběžnější silikátové hmoty např. o složení 48 % SiO₂ a 42 % Al₂O₃ určené pro vypalovací teplotu 1450 °C. Důsledkem je nedostatečně slinutá povrchová vrstva vyzdívky. Dále při tepelném zpracování vznikají délkové nevratné fázové změny vyzdívky, jež jsou závislé na chemickém složení hmoty. Nelze zabránit vzniku trhlin, jejich tvorba se však zpomaluje důsledným dodržováním teplotního režimu, zaručujícího velmi pomalý odchod volné i krystalicky vázané vody. Do vytvářejících se trhlin vnikají z ohříváné

oceli okuje, které s ní i mohou reagovat a které prakticky nelze odstranit. Svou elektrickou vodivostí pak okuje v trhlinách vytvářejí předpoklady pro pozdější elektrické průrazy vyzdívky. V důsledku nedokonalého výpalu vyzdívky zvyšuje se tvorba a rozšiřování trhlin i za normálního provozu induktoru, kdy přítomnost okují v daném prostoru nelze v žádném případě zamezit nebo popřípadě podstatně omezit. Tím dále vzrůstá pravděpodobnost elektrického průrazu vyzdívky, neboť trhliny zůstávají vyplněny okujemi a to i za předpokladu, že při údržbě induktoru dojde k vyplnění trhlin vhodnou keramickou látkou. Tím, že ohřívání ocel leží při provádění výpalu zpravidla na vodou chlazených vodicích lištách, vzniká pod těmito lištami tepelný stín, neboť studené lišty brání osálení příslušné části vyzdívky ohřívanou ocelí. Pod lištami vzniká nešlinuté místo, které je nejhůře vypáleno z celého obvodu vnitřní funkční plochy vyzdívky. Přitom právě pod lištami se soustřeďuje elektrické, pevnostní i erozní namáhání vyzdívky, největší počet průrazů nastává právě pod lištami. Rovněž tak vlivem nerovnoměrnosti rozložení magnetického pole podél osy induktoru a rovněž i v důsledku různých podmínek pro vychlazování ohřívací vsázky oceli je teplota v koncových částech induktoru zákonitě vždy nižší, než ve střední části induktoru. V důsledku toho je i kvalita výpalu koncových částí induktoru vždy nižší, než ve střední partii. Přitom druhým nejvíce namáhaným místem vyzdívky je po prostoru pod lištami právě vstup a výstup induktoru. Na vstupu i výstupu je to zvýšené mechanické namáhání, způsobené mimořádnými případy manipulace s materiálem, nekvalitního stříhu či nesprávnými rozměry ohřívání materiálu, ve vstupní oblasti je to i zvýšené nebezpečí elektrického průrazu vlivem očištění vyzdívky sazemí. V praxi kovárenského provozu totiž nelze zabránit znečištění povrchu ohřívání materiálu olejem nebo vaselinou, tyto látky se ve vstupní oblasti induktoru vlivem ohřevu oceli tepelně rozkládají, unikají zplodiny tepelného rozkladu, které pak na vstupu vnikají do nekvalitně zpracované vyzdívky a zákonitě napomáhají vzniku elektrického průrazu vyzdívky její zvýšenou elektrickou vodivostí. Teoreticky lze některé z výše uvedených nedostatků odstranit například použitím ochranné atmosféry pro ochranu ohřívání oceli před okujením, avšak z ekonomických a bezpečnostních důvodů je možno tento způsob použít pouze v provozech, kde je ochranná atmosféra již běžně používána. Ani toto nákladné opatření by však nezajistilo správný průběh procesu v koncových partiích induktoru. Pro relativně krátké induktry padá v úvahu pro provedení výpalu použití vysokoteplotních (1700°C) topných zařízení - těles na bázi SiC , Mo_2SiC atd. Tělesa jsou však křehká a drahá, jsou nevhodná pro častou manipulaci a vyráběná v maximální funkční délce do 1500 mm, vyžadují speciálních napájecích zařízení (transformátory, tyristory atd.). U induktorů komplikovaného tvaru či extrémně štíhlých by jejich použití naráželo na četné konstrukční potíže, i dodávkové.

Výše uvedené nevýhody známých způsobů tepelného zpracování dusané nebo lité vyzdívky v induktoru odstraňuje převážnou měrou způsob tepelného zpracování podle vynálezu, určený pro dusané nebo lité vyzdívky v induktoru kruhového i nekruhového průřezu, určeného pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu, kde před tepelným zpracováním se vodicí elementy z činného prostoru induktoru vyjmou, kde podstata vynálezu spočívá v tom, že vyzdřený induktor se pootočí kolem podélné osy tak, že část vyzdívky, která je ve funkční poloze

197 838

induktoru dole, je pro provedení výpalu nahoře, načež se na vyzdívku působí žářem plamene hořáku tak dlouho, až se dosáhne slihovací teploty materiálu vyzdívky a slinutí povrchové vrstvy do hloubky minimálně $1/6$ a maximálně $1/3$ tloušťky vyzdívky.

Hlavní výhodou způsobu tepelného zpracování podle vynálezu je prodloužení životnosti dusané nebo lité vyzdívky v induktorech pomocí tepelného zpracování vyzdívky žářem plamene hořáku, které uplatňuje své přednosti zejména v konečné etapě tepelného zpracování - výpalu na optimální vypalovací teplotu daného materiálu vyzdívky, do dostatečné hloubky a rovnoměrně po celém vnitřním obvodu. Trhliny ve vyzdíve, vzniklé v procesu vydusávání i výpalu jsou zcela čisté, bez okují. Po skončení výpalu je možno vzniklé trhliny zaplnit vhodnou hmotou, např. zalít řidší vyzdívací hmotou. V případě rozsáhlejších trhlin nebo jejich velké četnosti lze po jejich opravě vhodnou hmotou provést nový výpal vyzdívky. Po místní opravě poškozené vyzdívky lze provést rychlý místní výpal poškozeného místa, technicky ekvivalentní výpalu ostatních částí vyzdívky. Bez potíží lze plnohodnotně provést i výpal obou exponovaných částí vyzdívky, místa pod lištami a okrajových partií vyzdívky. Místo pod lištami je při výpalu pootočením umístěno do horní části induktoru, tedy do klenby induktoru, kde je sníženo nebezpečí zapadnutí nečistot do trhlin, tepelné proudění ve vypalovaném induktoru napomáhá vytvoření vyšších konečných teplot právě v klenbové části. Tato exponovaná část vyzdívky je tak chráněna před možným nebezpečím mechanického poškození a poškození okujemi dosud neslinuté vyzdívky při manipulaci s hořákem. Exponovaná část vyzdívky je tedy vystavena přímému působení žáru plamene, po obvodu vyzdívky tedy neexistují žádná tepelně nezpracovaná místa. I když základní požadavek techniky výpalu tohoto druhu hmot, to je pozvolné dlouhodobé sušení, pomalý únik volné i vázané vody, zůstává zachován, nelze se v reálné praxi obejít i bez požadavku na co nejrychlejší tepelné zpracování právě vydusané vyzdívky. Kromě výše uvedené přednosti - čistoty vzniklých trhlin - má způsob podle vynálezu další výhodu projevující se v tom, že pokud ze zpracované vyzdívky uniká voda a další složky např. sirné, fosfátové, je žár plamene hořáku mírně tlumen unikajícími zplodinami, teplota hoření je nižší. Po skončení úniku podstatné části zplodin při výpalu vyzdívky se plamen sám stane ostřejším, má vyšší teplotu, obsluha pozná i trvalou změnu zvuku hoření, takže dochází k určité samoregulaci plamene hořáku, která umožňuje bez potíží určit okamžik ukončení etapy uvolňování složek a zahájení posledního stádia výpalu, nebo určit nedokonale vysušený induktor. Odcházejícími zplodinami hoření a výpalu nebo sušení vyzdívky dochází i k částečnému přehřevu dosud tepelně nezpracovaných nebo nevypálených částí vyzdívky induktoru.

Způsob tepelného zpracování dusané nebo lité vyzdívky v induktoru kruhového i nekruhového průřezu, určeného pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu se provádí takto: Vyzdřený induktor se po předchozím vyjmutí vodičích elementů z činného prostoru induktoru, pootočí kolem podélné osy tak, že část vyzdívky, která je ve funkční poloze induktoru dole, je po provedení výpalu vyzdívky nahoře, načež se na vyzdívku působí žářem plamene hořáku tak dlouho, až se dosáhne slihovací teploty materiálu vyzdívky a slinutí povrchové vrstvy do hloubky minimálně $1/6$ a maximálně $1/3$ tloušťky vyzdívky. Použití způsobu podle vynálezu

Lze objasnit na těchto příkladech: Běžným typem induktorů pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu je induktor o jmenovitém výkonu 750 kW pro ocel ϕ 100 mm, nastříhanou na ústříhy délky 170 mm a délce induktoru 3000 mm, přičemž vnitřní průměr vyzdívky je 130 mm. Jako vyzdívkový materiál se s výhodou používá hmota silikátového typu se 42 % Al_2O_3 , 48 % SiO_2 , zbytek tvoří voda, kysličníky titanu, vápníku a jiné složky pro vytvoření chemických vazeb. Optimální teplota konečného výpalu je 1400 °C až 1450 °C. Induktory tohoto typu mají zpravidla ve dnu vnitřního činného prostoru upraveny dva vodící elementy obvykle vedou chlazené trubky. Vodící elementy se před tepelným zpracováním vyjmou, induktor se podle vynálezu pootočí kolem podélné osy tak, že část vyzdívky, která je ve funkční poloze dole, tvoří pro provedení výpalu strop vyzdívky, načež se na vyzdívku působí žářem plamene po dobu, než se postupně zpracuje celá délka induktoru, to jest, než dojde k zeslinování celé povrchové vrstvy vyzdívky do hloubky minimálně 1/6 a maximálně 1/3 tloušťky vyzdívky. Stejný způsob při provedení způsobu podle vynálezu se použije také pro výpal vyzdívky pološtěrbinového induktoru, určeného pro ohřev konců tyčí ocelí o ϕ 20 mm a ohřívané délce 120 mm na teplotu 1200 °C, kde výška otvoru vyzdívky induktoru je 50 mm a délka induktoru 400 mm. Pro vyzdění se zpravidla používá vyzdívací hmota obdobného složení, jako v příkladu výše opsaném, pouze s nižším obsahem Al_2O_3 , s jiným druhem tmelu a tedy i s nižší vypalovací teplotou cca 1250 °C.

Způsob tepelného zpracování vyzdívky induktorů způsobem podle vynálezu lze použít také pouze pro tepelné zpracování a výpal konců induktorů. Jako zdroje tepla a teploty pro tepelné zpracování způsobem podle vynálezu, hlavně pro jeho konečnou část to jest výpal, lze použít jak známé nízkotlaké hořáky například na zemní plyn a stlačený vzduch, i dlouhoplamenné hořáky s regulací teploty hoření, kde je možno provést výpal podle režimu teploty, určeného programem, optimálním pro použitou keramickou hmotu a typ induktoru.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob tepelného zpracování dusané nebo lité vyzdívky v induktoru kruhového i nekruhového průřezu, určeného pro indukční ohřev kovů na tvářecí teplotu, kde před tepelným zpracováním se vodící elementy z činného prostoru induktoru vyjmou, vyznačující se tím, že vyzdřený induktor se pootočí kolem podélné osy tak, že část vyzdívky, která je ve funkční poloze induktoru dole, je pro provedení výpalu nahoře, načež se na vyzdívku působí žářem plamene hořáku tak dlouho, až se dosáhne slinovací teploty materiálu vyzdívky a slinutí povrchové vrstvy do hloubky minimálně 1/6 a maximálně 1/3 tloušťky vyzdívky.