

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2014-649

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

C21D 1/09

(2006.01)

C21D 9/08

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

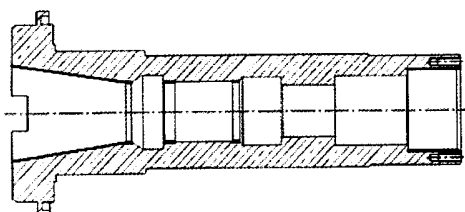
(22) Přihlášeno: **23.09.2014**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17.02.2016**
(Věstník č. 7/2016)

- (71) Přihlašovatel:
LaserTherm spol. s r.o., Praha 5, CZ
Škoda Machine Tool a.s., Plzeň, CZ
- (72) Původce:
Ing. Ondřej Soukup, Střelské Hoštice, CZ
Ing. Petr Steidl, Plzeň, CZ
Ing. Vojtěch Vlk, Čížice, CZ
Ing. Josef Vyškovský, Starý Plzenec, CZ
- (74) Zástupce:
Pavel Reichel a kol., Ing. Pavel Reichel, Lopatecká
14, 147 00 Praha 4

- (54) Název přihlášky vynálezu:
Způsob laserového kalení strojních součástí

- (57) Anotace:
Způsob laserového kalení strojních součástí, které se po opracování umístí do předem definované polohy, kde na alespoň část povrchu zevnějšku přístupné dutiny nebo průchozího otvoru v součásti se působí nejméně jedním laserovým paprskem o vlnové délce 700 až 11000 nm a hustotě materiálem součásti pohlceného výkonu v oblasti 1 kW po dobu určenou poměrem šířky stopy laserového paprsku a rychlosti jejího pohybu, případně pohybu součásti, na kterou dopadá laserový paprsek. Stopa laserového paprsku se nanáší v přesahujících pruzích na kalenou plochu součásti při současném otáčení součásti a/nebo zdroje laserového paprsku, čímž se povrchová plocha součásti kalí do hloubky 0,3 až 2,5 mm, načež se součást nechá vychladnout na teplotu okolního prostředí.



Způsob laserového kalení strojních součástí

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu laserového kalení strojních součástí, zejména povrchů jejich dutin.

Dosavadní stav techniky

Při cementaci a kalení strojních součástí z cementační oceli s nízkým obsahem uhlíku se povrch těchto součástí nasycuje uhlíkem v pevném, kapalném, případně plynném prostředí nad teplotou A_{c3} . Vysoká tvrdost je po kalení dosažena pouze v tenké povrchové vrstvě, obvykle v hloubce 0,4 až 2,0 mm, zatímco jádro materiálu zůstává houževnaté. Při konvenčním celobjemovém kalení je součást z kalitelné oceli zahřata nad kalící teplotu a následně rychle ochlazená v chladícím médiu, kterým může být voda, olej, solná lázeň nebo vzduch, přičemž dojde ke vzniku přesyceného tuhého roztoku uhlíku v železe α , martenzitu.

Další známý způsob, kterým je indukční povrchové kalení, je založen na rychlém ohřevu součásti působením střední nebo vysoké frekvence elektromagnetického pole za použití induktoru, jehož tvar je přizpůsobený kalenému předmětu nebo jeho části. Při průchodu střídavého elektrického proudu induktorem se indukuje na povrchu kaleného předmětu střídavé magnetické pole a vznikají vířivé proudy. Tyto proudy velice rychle zahřejí povrch tělesa na kalící teplotu, aby následovalo jeho zakalení prudkým ochlazením.

Laserové kalení povrchu součástí přináší oproti výše uvedeným způsobům několik výhod. Je zde především vysoká rychlost ohřevu, která vede k minimalizaci tepelných deformací součástí. Další výhodou je možnost zpracování i velmi obtížně dostupných ploch, například dutin, a tak zvaný samoochlazovací efekt bez nutnosti využití externího chladícího média. Navíc dochází ke zjednodušení a zrychlení výrobního procesu.

Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je vytvoření martenzitické struktury na obtížně dostupných plochách, v dutinách strojních součástí vyrobených zejména z kalitelné oceli, litiny nebo ocelolitiny. Předmětem tohoto vynálezu je způsob laserového kalení strojních součástí, zejména povrchů jejich dutin, kde tyto součásti se po opracování umístí do předem definované polohy. Podstata vynálezu spočívá v tom, že na alespoň část povrchu zvnějšku přístupné dutiny nebo průchozího otvoru v součásti se působí nejméně jedním laserovým paprskem o vlnové délce 700 až 11000 nm a hustotě výkonu pohlceného materiálem součásti v oblasti 1 kW/cm², po dobu určenou poměrem šířky stopy laserového paprsku a rychlosti jejího pohybu, případně pohybu součásti, na kterou dopadá laserový paprsek, čímž se povrchová plocha kalí do hloubky 0,3 až 2,5 mm, načež se součást nechá vychladnout na teplotu okolního prostředí. Na povrch zvnějšku přístupné dutiny nebo průchozího otvoru v součásti se působí laserovým paprskem pod úhlem do velikosti až 77°, případně až 80° od *zůstává původní text* normály s kalenou plochou.

Pro zvýšení absorpce energie záření do materiálu součásti může být s výhodou laserový paprsek o vlnové délce 900 až 1100 nm. Před působením laserového paprsku se povrch zpracovávané součásti mechanicky nebo chemicky očistí a /nebo odmastí.

Objasnění výkresů

Na připojených výkresech jsou v průřezu zobrazeny příklady strojních součástí, jejichž povrchy jsou alespoň v části vystaveny působení laserového kalení podle tohoto vynálezu. Relevantní části kaleného povrchu příslušné součásti jsou znázorněny zesíleným obrysem. Na obr. 1 až 5 jsou příklady různě tvarovaných vřeten a pouzder, na obr. 6 píst a na obr. 7 ozubené kolo. Kalené plochy jsou v dutinách těchto součástí.

Příklady uskutečnění vynálezu

Předmětem tohoto vynálezu je vytvoření martenzitické struktury na obtížně dostupných plochách, v dutinách strojních součástí vyrobených zejména z kalitelné oceli. Ocelová, litinová nebo ocelolitinová strojní součást, například vřeteno, pouzdro,

táhlo, píst, hřídel, se po opracování (např. soustružení, broušení, frézování, případně i kalení) umístí do předem definované polohy a na povrch uzavřené dutiny nebo průchozího otvoru v této součásti se (po případné úpravě tohoto povrchu, např. mechanickým nebo chemickým očištěním, odmaštěním apod.) se působí nejméně jedním laserovým paprskem (případně více rovnoběžnými, různoběžnými nebo mimoběžnými paprsky) o vlnové délce v rozsahu od 700 do 11000 nm a hustotě pohlceného výkonu materiálem součásti v oblasti 1 kW / cm² po dobu určenou poměrem šířky stopy laserového paprsku a rychlosti jejího pohybu, případně pohybu součásti, na kterou dopadá laserový paprsek.

Pokud by hustota byla nižší, nedocházelo by ke změně struktury povrchové vrstvy součásti a jejímu zakalení. Jestliže by naopak byla vyšší, docházelo by k degradaci povrchu součásti. Z hlediska interakce mezi laserovým paprskem a zpracovávaným materiálem je výhodný rozsah vlnové délky od 900 do 1100 nm, účelem je co nejvyšší absorpce energie záření. Doba působení laserového paprsku ovlivňuje hloubku zakalení povrchové vrstvy součásti, jestliže je příliš krátká, výsledkem je nižší hloubka zakalení, a naopak. Konkrétní hodnota závisí na typu použití dané součásti. Čím širší je stopa laserového paprsku, tím lze součást zpracovávat rychleji a naopak.

Laserovým paprskem lze kalit povrch součástí až do hloubky 2,5 mm, obvykle je to v oblasti 1 mm (0,3 až 1,5 mm, výjimečně až do 2,5 mm). Důležitý je rychlý ohřev součásti, tak aby docházelo k dostatečně rychlému odvodu tepla po ohřevu laserovým paprskem. K rychlému ohřevu povrchu součásti bývá nejčastěji použit přímý diodový laser, může být použit i vláknový laser a další. Laserový paprsek je veden z laseru do procesní optiky, která umožňuje jeho přesné zaměření i do velmi obtížně dostupných míst v dutinách součástí. V procesní optice je Gaussovský tvar laserového paprsku upraven za pomoci optických členů do vhodného požadovaného tvaru laserového spotu (účinného pole), kupř. obdélníku s homogenním rozložením hustoty výkonu. Manipulace s procesní optikou a/nebo zpracovávanou součástí je prováděna pomocí průmyslového víceosého robota a rotačního polohovadla. Rotační polohovadlo zajišťuje rotační pohyb zpracovávané součásti během procesu kalení, průmyslový robot zajišťuje manipulaci a přesné nastavení procesní optiky. Prostřednictvím průmyslového robota je procesní hlava, resp. laserový spot,

nastavena do požadované polohy tak, aby došlo ke zpracování pouze předem definované požadované plochy součásti, zatímco ostatní plochy součásti a zejména hrany aby zůstaly neovlivněny.

V připojené tabulce povrchově kalitelné oceli používané pro součásti s dutinou jsou příklady několika součástí s hloubkami kalení, minimální požadovanou tvrdostí a dosažitelnou tvrdostí při laserovém kalení. Tak např. v případě laserového kalení vnitřních ploch vřetena ISO 50 je velikost laserového spotu, (aktivního pole) 8 x 10 mm, měřeno kolmo k vystupujícímu paprsku. Úhel, který svírá laserový paprsek (měřeno od normály) s kalenou plochou je až 77° . Vřeteno je umístěno na rotační polohovadlo tak, že je vycentrováno pomocí sklíčidla. Během zpracování je vřetenem otáčeno prostřednictvím rotačního polohovadla rychlostí přibližně 36° za sekundu. Při zpracování je výkon laseru nastaven, v závislosti na zpracovávané ploše, na 4 až 5,5 kW. Kalení vyznačených ploch (viz zesílená čára na obr. X) je prováděno na šest přejezdů, to je pruhů o výšce přibližně 30 až 40 mm. Mezi jednotlivými přejezdy je ponechán čas na homogenizaci teploty součásti, tak aby její celková teplota nepřesáhla 70°C . Výsledná tvrdost dosahuje hodnot 50 až 60 HRc, měřeno na stolním tvrdoměru s Vickersovým hrotem, při zátěži 10 N.

Využití tohoto vynálezu se ukázalo jako výhodné zejména jako náhrada povrchově kalených součástí, kde byla použita technologie cementace a následného kalení. Pro kalení laserem je možno zvolit buď materiál nacementovaný, nebo s podílem uhlíku větším než 0,2 %, tak aby mohlo dojít k přímému prokalení bez předchozího nauhličení povrchu. Laserové kalení zaručuje minimální deformace, proto jsou zvoleny menší technologické přídavky pro následné obrábění. Celkový postup vynechání nauhličení povrchu a zmenšení přídavek pro obrábění přináší zkrácení časů jednotlivých výrobních operací obrábění až o 40% a snížením počtu operací zkrácení průběžné doby výroby součásti až o 60%. Další podstatná výhoda se projevila u součástí, kde je požadavek různé tvrdosti ploch, ochrany závitů a zápichů, v tomto případě je maximálně využita výhoda kalení laserem úzkým paprskem, zaměřeným na konkrétní plochu. V případě těchto uvedených typů výrobků je úspora výrobního času součásti až 80%. Konečně dalším přínosem laserového kalení je možnost realizace bez omezení množství kusů. Tento přínos se projevuje především u speciálních materiálů, kdy je při klasickém kalení nutno čekat na vytížení kalicí

dávky, nebo uhradit náklady kalicího procesu pro celou pec, i když bude prázdná. Přínos tohoto vynálezu se projevuje i ve zkrácení dodací lhůty výrobního zařízení, která je jedním z faktorů při rozhodování zákazníka o jeho pořízení.

Průmyslová využitelnost

Vynález je využitelný při laserovém kalení povrchové vrstvy dutin strojních součástí, jako jsou vřetena, pouzdra, táhla, písty, hřídele apod. Jako zdroj záření (tepla) může být použit jakýkoli laser emitující záření z blízké infračervené oblasti (NIR) o dostatečném výkonu, jehož paprsek je možné upravit do požadovaného tvaru (např. obdélník s homogenním rozložením hustoty výkonu). Laserové záření nemusí být svedeno do optického vlákna, lze i bez optického vlákna. Laserem jsou kalitelné všechny konvenčně kalitelné oceli s podílem uhlíku větším než přibližně 0,2 %.

POVRCHOVÉ KALITELNÉ OCELI POUŽÍVANÉ PRO SOUČÁSTI S DUTINOU

Jakost materiálu		Hloubka kalení v mm	Tvrdost Min. požadovaná	Tvrdost * Dosažitelná při laserovém kalení	C (%)
DIN	ČSN				
Ck 45	12050	0,3 - 0,4	40 - 45	45 - 58	0,42-0,50
Ck 60	12061	0,3 - 0,4	40 - 45	50 - 62	0,52-0,60
41Cr4	14140	0,3 - 0,4	40 - 45	48 - 57	0,38-0,45
42CrMo4	15142	0,3 - 0,4	40 - 45	50 - 58	0,38-0,45
50CrV4	15260	0,3 - 0,4	40 - 45	52 - 62	0,45-0,58
34CrNiMo6	16343	0,5 - 0,7	52 - 60	50 - 56	0,30-0,38
		0,8 - 1	56 - 60		
		0,8 - 1	56 - 60		
		1 - 1,2	56 - 60		

* výsledná tvrdost závisí na stupni zušlechťení

Vhodnost materiálu známka jako ve škole	Název součásti	Konstrukčně-technologický prvek
3	Vřeteno	válec v zadní části
2	Pouzdro	válec v zadní části
2	Táhlo	válec v zadní části
1,5	Píst	válec v zadní části
1,5	Hřídel	válec v zadní části
2	Vřeteno	dutina v přední části
	Pouzdro	dutina v přední části
	Těleso	válec v zadní části
	Vřeteno drážkované	dutina v přední části

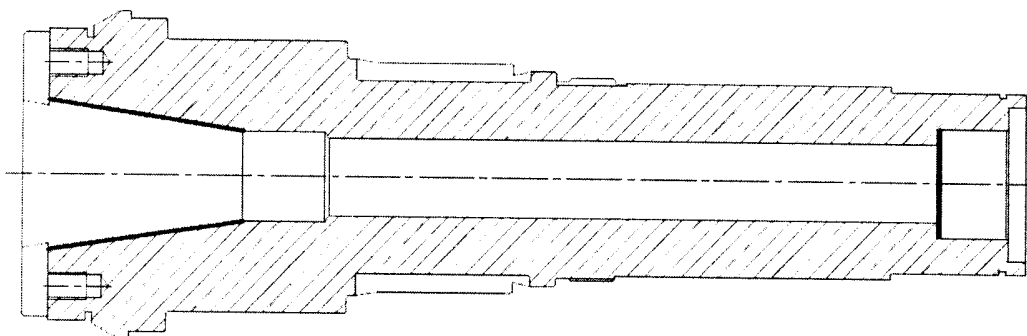
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob laserového kalení strojních součástí, které se po opracování umístí do předem definované polohy, **vyznačující se tím, že** na alespoň část povrchu zvnějšku přístupné dutiny nebo průchozího otvoru v součásti se působí nejméně jedním laserovým paprskem o vlnové délce 700 až 11000 nm a hustotě materiálem součásti pohlceného výkonu v oblasti 1 kW/cm² po dobu určenou poměrem šířky stopy laserového paprsku a rychlosti jejího pohybu, případně pohybu součásti, na kterou dopadá laserový paprsek, kde stopa laserového paprsku se nanáší v přesahujících pruzích na kalenou plochu součásti při současném otáčení součásti a /nebo zdroje laserového paprsku, čímž se povrchová plocha součásti kalí do hloubky 0,3 až 2,5 mm, načež se součást nechá vychladnout na teplotu okolního prostředí.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** pro zvýšení absorpce energie záření do materiálu součásti je laserový paprsek o vlnové délce 900 až 1100 nm.
3. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** na povrch zvnějšku přístupné dutiny nebo průchozího otvoru v součásti se působí laserovým paprskem pod úhlem v oblasti až do 77°, případně 80° od normály s kalenou plochou.
4. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** před působením laserového paprsku se povrch zpracovávané součásti mechanicky nebo chemicky očistí a /nebo odmastí.

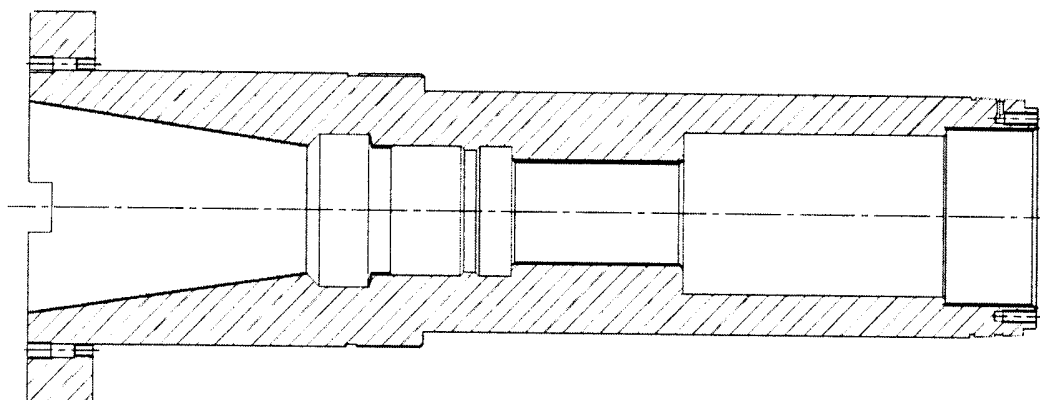
1/3
~9~

17 0014-544

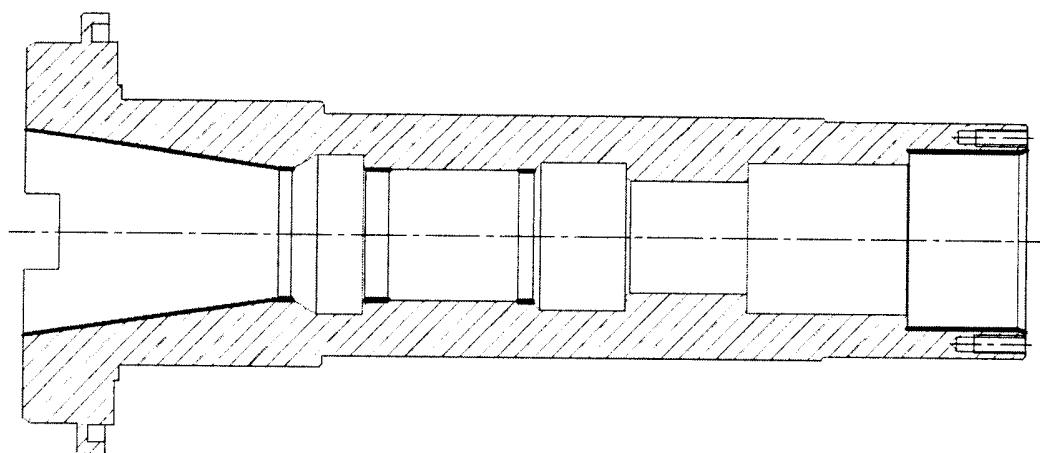
PV 849-2014



OBR. 1



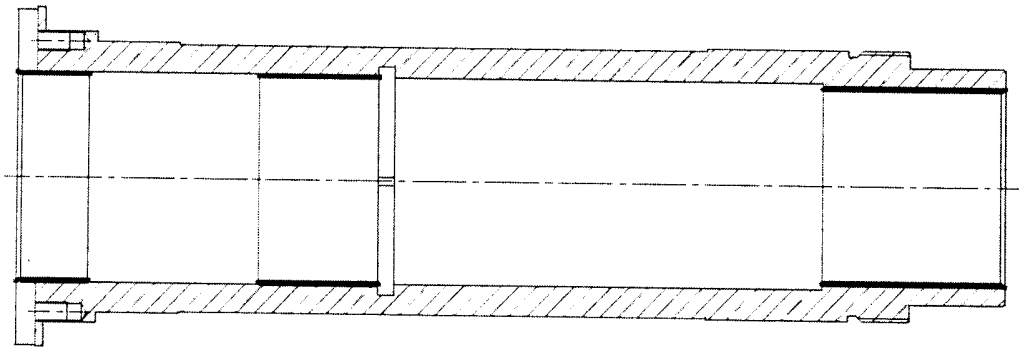
OBR. 2



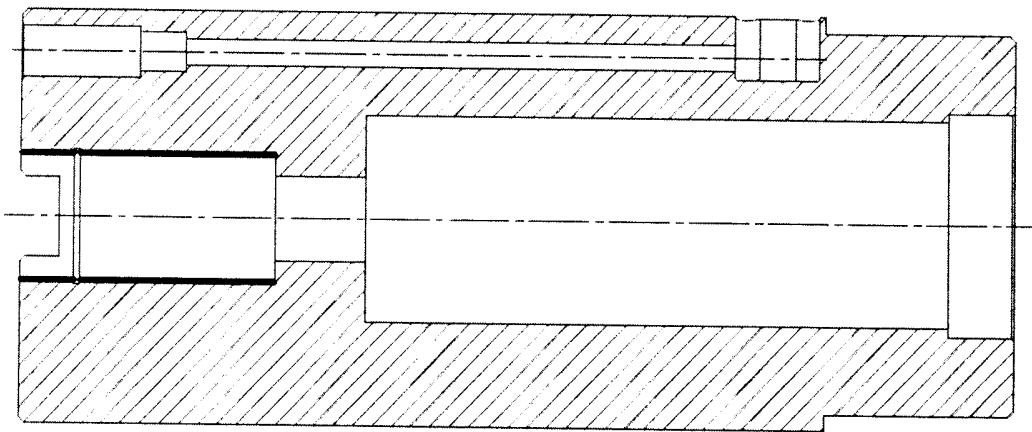
OBR. 3

7V 2014-649

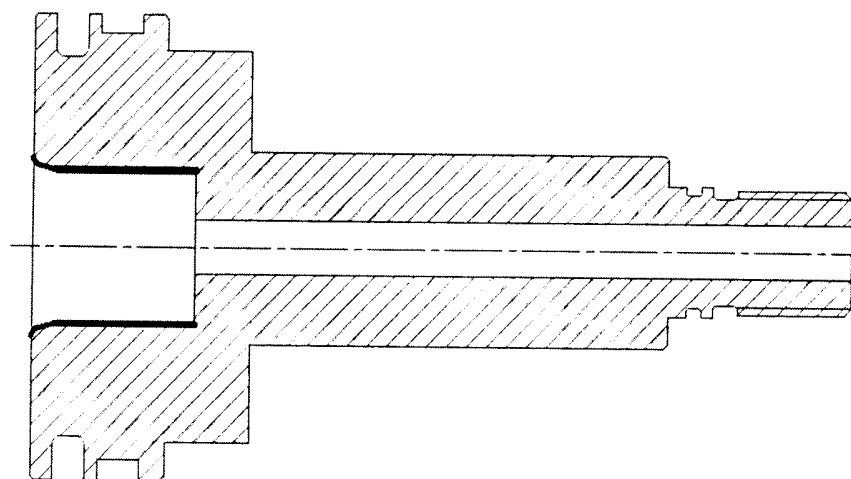
~ 10 ~



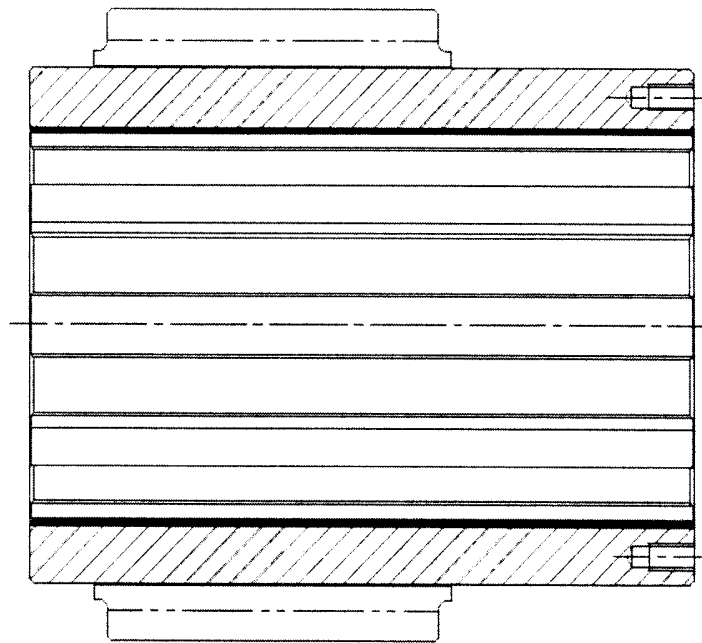
OBR. 4



OBR. 5



OBR. 6



OBR. 7