



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU 201 709

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 09 06 78
(21) PV 3778-78

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³ F 16 C 33/32
F 16 C 41/00

(40) Zveřejněno 31 03 80

(45) Vydáno 30 04 83

(75)

Autor vynálezu STLOUKAL IVAN ing., PRAHA

(54) Zařízení k odvalování koulí

1

Vynález se týká zařízení k odvalování koulí, zvláště ložiskových pro zajištění postupné kontroly jejich povrchu nepohyblivými čidly.

U zařízení provádějících automatickou defektoskopickou kontrolu povrchu ložiskových koulí metodou vířivých proudů s optoelektronickou metodou je nutno zajistit takový pohyb koule, aby celý její povrch byl postupně zkontrolován. Z možného zonálního a meridiálního způsobu postupné kontroly povrchu koule se prosadil pouze druhý, neboť zajišťuje konstantní rychlost kontroly, což má pro obě používané metody značné výhody. K dosažení meridiálního prohlížečského systému povrchu koule, u kterého jedna poledníková kružnice plynule přechází ve druhou, je nutno udělit kontrolované kouli základní rotační pohyb a přídavný kývavý pohyb její ose rotace. Aby nevznikla nezkontrolovaná místa povrchu koule, tzv. pólové čepičky, je nutno, aby kývání osy rotace koule probíhalo přesně v rytmu otáčení koule. Prakticky to znamená, že převodový poměr mezi koulí a dvěma elementy, které udělují její ose rotace přídavný kývavý pohyb, musí být dán celým číslem, obvykle 1 : 1, ale i 2 : 1 a více. Neopatrné úchytky v převodovém poměru způsobí, že poledníkové kružnice se neprotínají v jednom bodě, ale vytvoří na pólu mnohoúhelník, jehož sousední strany se protínají pod úhlem sousedních poledníků, který na jedné straně vybíhá špičkou do kapkovitého tvaru. Je to dáno tím, že nový cyklus na kouli se neopakuje přesně po jedné otáčce koule, ale o něco dříve nebo později. Mají-li pólové čepičky větší průměr, než je šířka kontrolované stopy, která bývá

u větších koulí asi 1 mm, zůstávají na kontrolované kouli dvě nezkontrolovaná místa.

Zatím byly u třídiček pro automatickou povrchovou defektometrii úspěšně použity dva druhy mechanismů pro vytvoření meridiálního kontrolního systému. U prvního byl rotační pohyb a kývavý pohyb ose rotace koule udělován dvěma komolými kuželíky s vrcholovým úhlem 90° a společným neskutečným vrcholem. Oba kuželíky konaly rotační pohyb a alespoň jeden ještě přídatný kývavý pohyb kolem své osy. Volně otočná opěrná kladka se stálou polohou tvořila třetí element určující polohu kontrolované koule v kontrolním místě, ke kterým byla tato přitlačována další volně otočnou odpruženou přitlačnou kladkou. Zařízení mělo výhodu především v možnosti použití pro poměrně široký rozsah průměrů koulí; pro praktické využití však mělo i značné nevýhody. Především bylo velmi obtížné udržet axiální vzdálenost samostatně otočně uložených kuželíků, čímž docházelo ke změně převodového poměru mezi kuželíky a kontrolovanou koulí. Kuželíky musely být z tvrdokovu a přesto byla jejich životnost poměrně nízká. Opotřebení kuželíků ve tvaru žlabku způsobilo, že dotyk mezi kuželíky a koulí nebyl bodový. Tím se stal převodový poměr nepřesný, což bylo dalším důvodem pro vznik nezkontrolovaných pólových čepiček. Docházelo také snadno k poškození povrchu kontrolované koule podstatně tvrdším materiálem kuželíků. Pákový mechanismus s nuceným kmitáním pro dosažení přídatného pohybu kuželíků byl vysoce namáhán a docházelo k jeho rychlému opotřebení. Výměna opotřebovaných kuželíků a jejich axiální seřízení bylo obtížné.

U novějšího mechanismu byl přídatný kývavý pohyb osy rotace kontrolované koule dosažen pevně spojenými elementy na jedné hřídeli, které měly tvar nízkých nerotačních komolých kuželíků, u nichž se v průběhu jedné otáčky měnil poloměr dotykové křivky s kontrolovanou koulí tak, že zatímco u jednoho se tento poloměr zvětšoval, u druhého se zmenšoval a naopak. Tím byla vytvořena tzv. řídicí kladka, která nemusí být elementem hnacím, ale volně otočným, hnáným kontrolovanou koulí. Základní rotační pohyb je kontrolované kouli udělován hnacím kotoučem se stálou polohou. Poloha kontrolované koule v kontrolním místě je určena další volně otočnou opěrnou kladkou se stálou polohou. Řídicí kladka je ke koulí přitlačována pružně.

Toto v současné době používané zařízení odstranilo některé nevýhody zařízení původního. Především pevným spojením nízkých nerotačních komolých kuželíků v jedinou řídicí kladku odpadla nutnost jejich axiálního nastavování. Současně odpadla nutnost udělovat těmto elementům přídatný kývavý pohyb kol jejich osy rotace. Některé nevýhody původního zařízení však zůstaly a přibýly i další. Především výroba řídicích kladek předpokládá velmi přesné broušení zvláštním brousicím zařízením a náročnou kontrolu. Řídicí kladka je vždy vyráběna pro určitý jmenovitý rozměr kontrolovaných koulí a je použitelná nejvýše pro těsné okolí tohoto rozměru. Nerotační komolé kuželíky musí být ze zvláštních druhů tvrdokovu a přesto dochází již po několika hodinách provozu ke změně původního opracování dotykových drah nerotačních kuželíků s kontrolovanou koulí, která je příčinou částečného, pro některé výrobce však nepřijatelného, znehodnocení vysoce kvalitního opracování povrchu koulí. Řídicí kladky musí být vyjmuty z funkční polohy a přelapovány na speciálním zařízení. Pokud se týká opotřebení řídicích kladek, je situace obdobná jako u původního mecha-

nismu. Za 500 až 1000 hodin provozu dochází k takovému stupni opotřebení ve tvaru žlábků funkčních ploch nerotačních kuželíků na dotykových drahách s koulí, že začnou vznikat nekontrolované pólové čepičky, čímž končí doba životnosti řídicí kladky. Jelikož cena řídicích kladek je vysoká, značně se tím uživateli prodražuje provoz automatické defektometrické kontroly povrchu koulí. Proto se často stává, že jsou používány řídicí kladky za přípustnou mezí opotřebení a povrch koule není stoprocentně kontrolován.

Odstranění nevýhod posledního zařízení bylo jedním z důvodů o snahu vytvořit mnohonásobnou řídicí kladku, u které by se během jedné její otáčky zkontroloval povrch celé koule nebo dokonce více koulí, čímž by se snížilo její opotřebení i při použití měkčího materiálu, který by méně poškozoval povrch koule. Nároky na přesnost broušení velkého průměru a složitého tvaru funkčních ploch mnohonásobných řídicích kladek však byly tak vysoké, že se je prakticky nepodařilo splnit ani pokud se týká přesnosti vytváření poledníkového kontrolního systému, ani pokud se týká stability koule v kontrolním místě. Zařízení nenašlo praktického uplatnění.

Uvedené nedostatky dosud používaných mechanismů odstraňuje zařízení k odvalování koulí, zvláště ložiskových, pro zajištění postupné kontroly jejich povrchu nepohyblivými čidly v meridiálním systému se dvěma hnacími elementy s totožnou osou rotace, kolem které konají souhlasný základní rotační pohyb a jeden nebo oba konají přídavný kývavý pohyb kolem této osy v rytmu otáček základního rotačního pohybu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že hnacími elementy jsou koule o stejném průměru jako je průměr kontrolované koule, které jsou ve vzájemném dotyku nebo v dotyku s distanční vložkou a jsou připojeny pomocí kuželových sedel k sousým hnacím hřídelím. Podstata vynálezu dále spočívá v zařízeních pro udílení přídavného kývavého protisměrného pohybu sousým hnacím hřídelím. V prvním případě jsou k vnějším koncům sousých hřídelí připevněny křížové klouby, připojené k šikmým hřídelím s prvními ozubenými řemenicemi stejného průměru, spojenými ozubenými řemeny s druhými ozubenými řemenicemi rovněž stejného průměru, připevněnými k předlokové hřídeli. V druhém případě mají sousé torzní hnací hřídele u vnitřních konců upraveny dvoupólové permanentní magnety, otočně umístěné ve dvoupólových statorech buzených stejnosměrným proudem a svými vnějšími konci jsou připojeny ke koncům dutých hřídelí s prvními ozubenými řemenicemi stejného průměru, spojenými ozubenými řemeny s druhými řemenicemi rovněž stejného průměru, připevněnými k předlokové hřídeli. Ve třetím případě je na každé ze sousých dutých hřídelí připevněn rotor synchronního soufázového motoru, jehož stator je elektricky připojen k jedno nebo vícefázovému generátoru.

Pokrok dosažený vynálezem spočívá především v možnosti realizovat odvalovací mechanismus pro zajištění postupné kontroly povrchu ložiskových koulí nepohyblivými čidly bez obtížně vyrobitelných a drahých mechanických elementů, jejichž životnost je relativně nízká, přesto, že tvrdost materiálu, ze kterého jsou vyrobeny, je příčinou nebezpečí částečného znehodnocení kvality opracování ložiskových koulí. Jsou nahrazeny dvěma koulemi stejného rozměru s koulí kontrolovanou, jejichž vzdálenost ve směru osy rotace není kritická a přesto je principiálně zajištěno přesnější odvalování kontrolované koule bez

vzniku nekontrolovaných pólových čepiček, a to i proto, že koule s koulí má přesnější bodový styk než koule s dosud používaným kuželem, čímž je rovněž přesněji zajištěn mechanický převod 1 : 1 mezi hnacími koulemi a koulí kontrolovanou. Cena ložiskových koulí je pro uživatele třídícího zařízení, který je obvykle jejich výrobcem, prakticky bezvýznamná.

Dalším pokrokem vynálezu je nahrazení dříve používaného mechanismu pro dosažení přídatného kývavého pohybu hnacích elementů, který musel být nuceně mazán a přesto vykazoval značné opotřebení, zařízením, které tyto nedostatky nemá a umožňuje rychlou výměnu hnacích elementů, kterými jsou levné koule, stejného rozměru jako koule kontrolovaná, bez nutnosti seřízení.

Příklad provedení zařízení k odvalování koulí podle vynálezu je zobrazen na přiložených výkresech, kde na obr. 1 je znázorněn princip vynálezu se dvěma hnacími koulemi ve vzájemném dotyku, na obr. 2 princip se dvěma hnacími koulemi vzdálenými o sílu distanční vložky, na obr. 3 půdorys zařízení s nuceným přídatným kývavým pohybem hnacích koulí, na obr. 4 bokorys zařízení s volným přídatným kmitáním hnacích koulí a na obr. 5 řez elektrickou hnací jednotkou pro základní rotační pohyb a přídatný kývavý pohyb hnací koule.

Hnací elementy, kterými jsou koule 1, 2 stejného průměru jako kontrolovaná koule 4 /obr. 1, 2/ jsou uloženy v kuželových sedlech 7, 8 připevněných k sousedním hnacím hřídelím 9, 10, s totožnou osou rotace 3, kolem které konají základní souhlasný rotační pohyb a přídatný protisměrný kývavý pohyb. Koule 1, 2 jsou ve vzájemném dotyku nebo v dotyku s distanční vložkou 6.

Přídatný protisměrný kývavý pohyb sousedních hnacích hřídelí 9, 10 je /obr. 3/ dosahován pomocí křížových kloubů 13, 14 připojených jednak k těmto hřídelím, jednak k šikmým hřídelím 11, 12 s prvními ozubenými řemenicemi 17, 19 stejného průměru, spojenými ozubenými řemeny 20, 21 s druhými ozubenými řemenicemi 16, 18 rovněž stejného průměru, které jsou připevněny k předlokové hřídeli 15.

Podle obr. 4 je přídatný protisměrný kývavý pohyb hřídelí 9, 10 dosahován pomocí sousedních hnacích hřídelí 9, 10, které jsou v tomto případě vytvořeny jako torzní a které mají u vnitřních konců upraveny dvoupólové permanentní magnety 26, 27 otočně umístěné ve dvoupólových statorech 28, 29 buzených stejnosměrným proudem a svými vnějšími konci jsou připojeny ke koncům dutých hřídelí 24, 25 s prvními ozubenými řemenicemi 17, 19 stejného průměru, spojenými ozubenými řemeny 20, 21 s druhými ozubenými řemenicemi 16, 18 rovněž stejného průměru, připevněných k předlokové hřídeli 15.

Podle obr. 5 jsou sousední hnací hřídele 9, 10 vytvořeny rovněž jako torzní a mají u vnitřního konce rovněž dvoupólový permanentní magnet 26 otočně umístěný ve dvoupólovém statoru 28 buzeném stejnosměrným proudem a svým vnějším koncem jsou připojeny ke koncům dutých hřídelí 24, 25 opatřených každý rotorem 33 synchronního soufázového motoru, jehož stator 34 je elektricky připojen k jedno nebo vícefázovému generátoru 35.

Zařízení k odvalování koulí /obr. 1, 2./ má dvě hnací koule 1, 2 o poloměru R a s totožnou osou rotace 3. Jejich hlavní rotační pohyb je ve stejném smyslu a přídatný kývavý

pohyb kolem téže osy rotace 2 v opačném smyslu. Hlavní rotační pohyb hnacích koulí 1, 2 způsobuje rotační pohyb kontrolované koule 4 kolem osy rotace 5; přídavný kývavý pohyb hnacích koulí 1, 2 kolem osy rotace 2 v opačném smyslu způsobuje kývání osy rotace 5 hnací kontrolované koule 4 z jedné krajní polohy 5' do druhé krajní polohy 5'' v průběhu jedné otáčky. Kontrolovaná koule 4 o stejném poloměru R musí mít nutně stejné otáčky jako hnací koule 1, 2, neboť poloměry r dotkových kružnic jsou naprosto stejné, ať se hnací koule dotýkají /obr. 1/ nebo je mezi nimi mezera daná s výhodou distanční vložkou 6 o tloušťce t /obr. 2/.

Je-li poloměr koulí R je poloměr dotkových kružnic r dán vztahem

$$r = R \sin \alpha.$$

Jestliže se hnací koule 1, 2 vzájemně dotýkají /obr. 1/, tvoří spojnice středů obou hnacích koulí 1, 2 a spojnice středu každé z hnacích koulí 1, 2 se středem hnací koule 4 stejnostranný trojúhelník, je $r = R \sin 60^\circ \approx 0,866 R$.

Je-li mezi hnacími koulemi 1, 2 distanční vložka 6 o tloušťce t /obr. 2/ je

$$\alpha = \cos^{-1} \left(0,5 + \frac{t}{4R} \right)$$

a opět

$$r = R \sin \alpha.$$

Pro zvolený úhel α platí naopak vztah pro tloušťku t distanční vložky 6

$$t = 2R(2 \cos \alpha - 1) = D(2 \cos \alpha - 1)$$

a pro dosud používanou velikost úhlu $\alpha = 45^\circ$

$$t \approx 0,83 R \approx 0,415 D.$$

Pro dosud nejmenší průměr koulí 4 ($D = 3$ mm) kontrolovaných kromě optoelektronickou metodou ještě i metodou vířivých proudů a pro obvykle používanou velikost úhlu $\alpha = 45^\circ$ je

$$t = 0,415.3 \approx 1,24 \text{ mm}.$$

Rozměr sondy pro kontrolu vířivými proudy používané pro tento průměr kontrolovaných koulí má prakticky stejný rozměr. Sondu lze tedy zcela zapustit do distanční vložky 6, zvláště pokud nebude procházet přesně mezi hnacími koulemi 1, 2 a tak, aby její funkční konec měl od povrchu kontrolované koule 4 požadovanou vzdálenost 0,1 mm /obr. 2/.

Vyřešení problému umístění sondy pro kontrolu vířivými proudy, pro kterou není v dosud používaných mechanismech dostatek místa, zvláště při kontrole malých koulí je další výhodou vynálezu. Její dosavadní odklopné umístění s možností narážení koulí, zvláště tvrdě vadných a přímísených koulí menšího průměru totiž postupně znehodnocuje sondu a tím i kvalitu kontroly až do jejího zničení, což u některých výrobců s větším výskytem zmíněných koulí netrvá déle než tři týdny.

Praktické uplatnění vynálezu předpokládá vyřešení rychlé a snadné výměnnosti hnacích koulí 1, 2 a především vyřešení vhodného zařízení pro udílení přídavného kývavého pohybu

kol jejich totožné osy rotace 3, kterým by bylo odstraněno dříve používané zařízení s vysokým opotřebením, nízkou životností a obtížným seřizením. Přitom je třeba, aby přídavný kývavý pohyb měl pokud možno plynulý sinusový průběh bez vyšších harmonických. Předloková hřídel 15 pohání pomocí stejných převodů s ozubenými řemenicemi 16, 17, 18, 19 a s ozubenými řemeny 20, 21 synchronně a soufázově šikmé hřídele 11, 12. Tyto jsou spojeny pomocí křížových kloubů 13, 14 vzájemně vůči sobě úhlově orientovaných o 180° s hnacími hřídelemi 9, 10. Šikmé hřídele 11, 12 jsou vůči totožné ose rotace 3 hnacích hřídelí 9, 10 skloněny o úhel α . Je-li tento úhel nulový, nezpůsobují křížové klouby 13, 14 žádný přídavný kývavý pohyb a hnací hřídele 9, 10, mají pouze základní synchronní soufázový rotační pohyb. Se zvětšujícím se sklonem šikmých hřídelí 11 o úhel α se zvětšuje i přídavný protisměrný kývavý pohyb hnacích hřídelí 9, 10 a tím i rozteč jednotlivých poledníků meridiálního systému, ve kterém je postupně snímán povrch kontrolované koule 4. Požadovanou rozteč poledníků je tedy možno nastavit velikostí úhlu sklonu α šikmých hřídelí 11, 12. Pro potřebu dostavovat kontrolovanou kouli 4 ve směru její osy rotace do určité polohy může být zařízení vybaveno stavěcím šroubem 22 a pružinou 23, která proti sobě přímo nebo přes distanční vložku 6 tlačí hnací koule 1, 2.

Obr. 4 představuje bokorys příkladu provedení zařízení s volným přídavným kývavým pohybem hnacích koulí 1, 2. Předloková hřídel 15 a ozubené řemenice 16, 17, 18, 19 s ozubenými řemeny 20, 21 zajišťují soufázový synchronní pohyb dutých hřídelí 24, 25, který je i základním rotačním pohybem hnacích koulí 1, 2, neboť vnější konce hnacích hřídelí 9, 10 jsou s nimi pevně spojeny. Hnací hřídel 9, 10 vytvořená jako torzní tvoří se setrvačnou hmotou dvoupólového permanentního magnetu 26, 27 torzní kmitavou soustavu. Při otáčení dvoupólového permanentního magnetu 26, 27 ve dvoupólovém statoru 28, 29 buzeném stejnosměrným proudem jsou magnetické póly dvoupólového permanentního magnetu 26, 27 střídavě přitahovány a odpuzovány póly dvoupólových statorů 28, 29. Jsou-li dvoupólové permanentní magnety 26, 27 vzájemně úhlově natočeny o 180° , vzniká tím přídavný protisměrný kývavý pohyb vnitřních konců hnacích hřídelí 9, 10. Jeho amplituda, kterou je dána rozteč poledníků meridiálního kontrolního systému povrchu kontrolované koule 4, může být měněna velikostí stejnosměrného budicího proudu dvoupólových statorů 28, 29. Příklad provedení v obr. 4 znázorňuje případ, kdy hnací koule 1, 2 se dotýkají distanční vložky 6 se zapuštěnou sondou pro kontrolu vířivými proudy 32. Dále znázorňuje i opěrnou kladku 30 a přítlačnou kladku 31, které spolu s hnacími koulemi 1, 2 určují polohu kontrolované koule 4. Podobně jako v provedení podle obr. 3 má zařízení pro dostavení kontrolované koule ve směru její osy rotace stavěcí šroub 22 a pružinu 23, která přes distanční vložku 6 proti sobě tlačí hnací koule 1, 2.

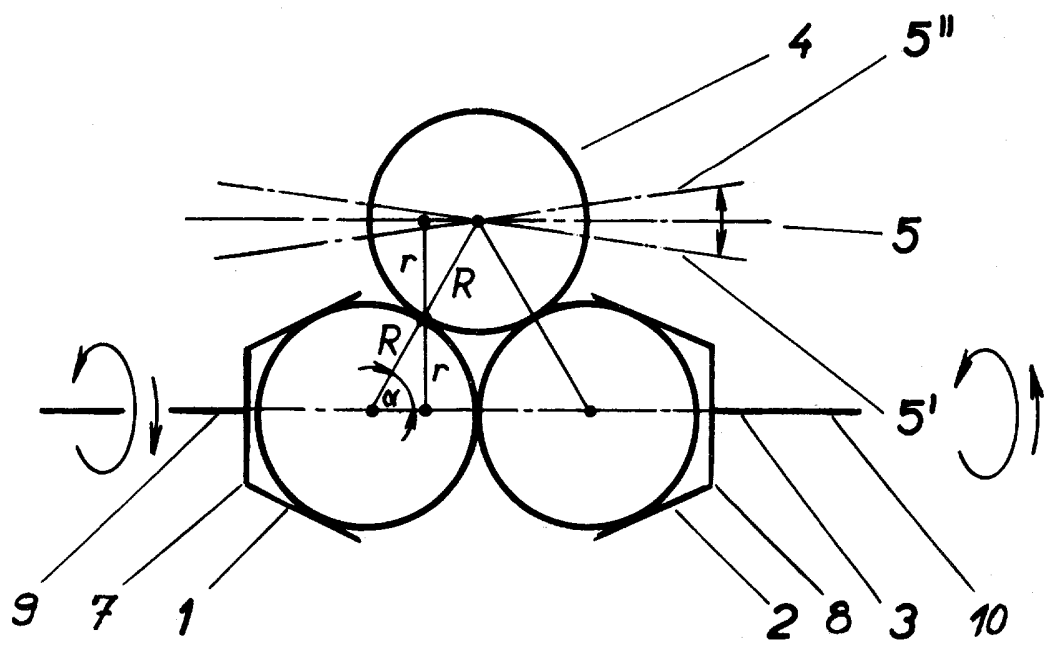
Obr. 5 představuje bokorys levé poloviny zařízení, u něž se dosahuje přídavného kývavého pohybu pravého konce hnací hřídele 9 stejně jako u zařízení podle obr. 4 ale základní synchronní soufázový pohyb se dosahuje pomocí rotoru 33 připevněného k duté hřídeli 24, který spolu se statorem 34 tvoří synchronní soufázový motor, který je spolu s motorem pravé poloviny zařízení napájen jedno nebo vícefázovým generátorem 35. Zařízení tvoří kompaktní pohonou jednotku identickou pro levou i pravou stranu, která kromě ložisek

nemá opotřebitelné části. Dvě pohonné jednotky uložené například svými válcovými částmi v místě ložisek do prizmatických sedel, tvoří hlavní část mechanismu pro pohon kontrolované koule, snadno seřiditelnou a rozebíratelnou.

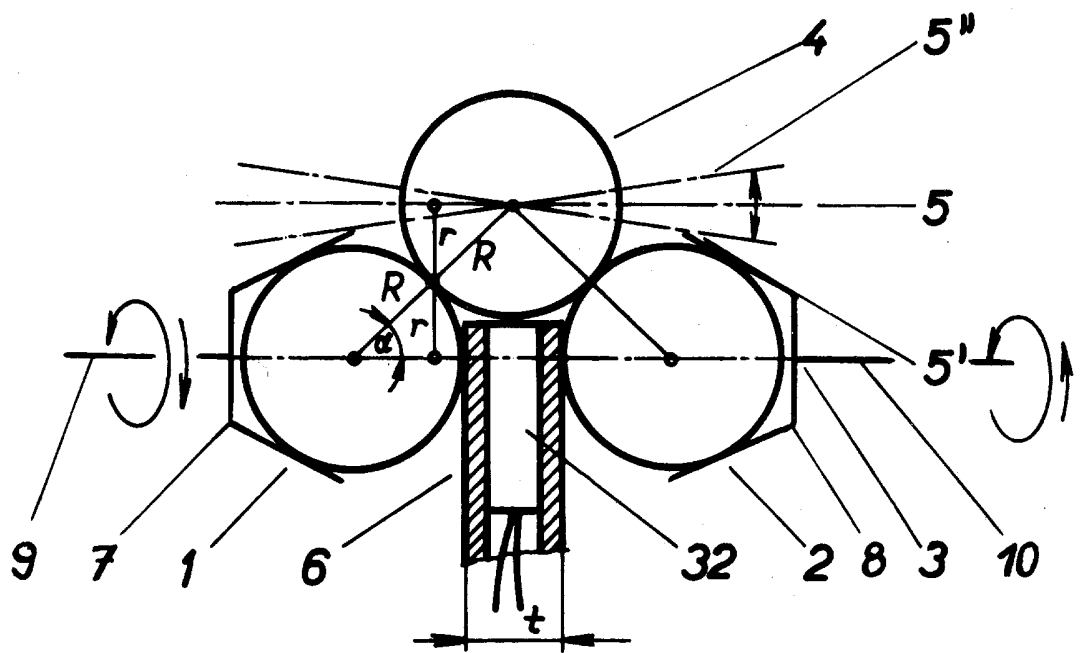
Zařízení podle obr. 3, 4 a 5 jsou upravena tak, aby hnací koule 1, 2, které jsou s kuželovými sedly 7, 8 spojeny pouhou samosvorností nebo trvale adhezním přípravkem, mohly být po odtlačení levé části mechanismu snadno vyměněny. To nabývá stále více na významu, neboť výrobci ložiskových koulí přicházejí na technologické postupy, při nichž jsou tolerance jedné výrobní dávky ložiskových koulí velmi úzké. Jelikož ložiskové koule jsou pro jejich výrobce prakticky bezcenné, mohou být hnací koule 1, 2 kdykoliv nahrazeny koulemi stejného průměru s koulemi kontrolovanými. Tím zcela odpadne potřeba kontroly jejich opotřebení, která je nutná u drahých řídicích kladek a je prováděna nepřímou nesnadnou kontrolou správného odvalování kontrolované koule 4, jejím popsáním diamantovým hrotem nebo jiným způsobem. Tím jsou dány jednoduché a nenákladné podmínky pro vždy stoprocentní kontrolu celého povrchu koulí.

P ř e d m ě t v ý n á l e z u

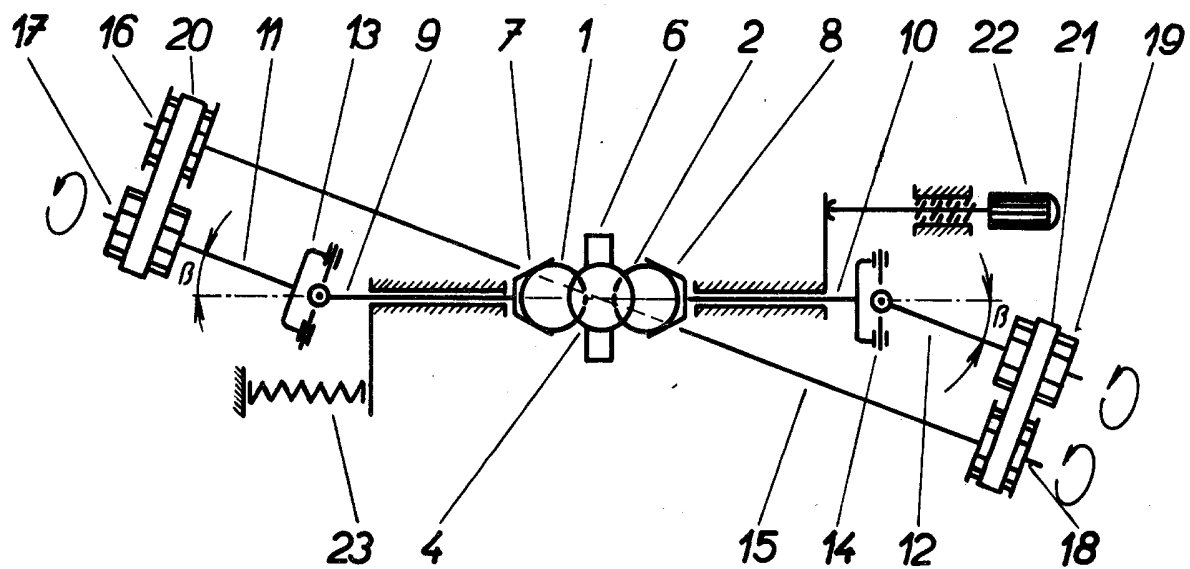
1. Zařízení k odvalování koulí, zvláště ložiskových, pro zajištění postupné kontroly jejich povrchu nepohyblivými čidly v meridiálním systému, tvořené dvěma hnacími elementy s totožnou osou rotace kolem které konají souhlasný základní rotační pohyb a jeden nebo oba konají přidavný kývavý pohyb v rytmu otáček základního rotačního pohybu, vyznačené tím, že hnacími elementy jsou hnací koule /1,2/ o stejném průměru jako je průměr kontrolované koule /4/, které jsou ve vzájemném dotyku nebo v dotyku s distanční vložkou /6/ a jsou připojeny pomocí kuželových sedel /7,8/ k sousedním hnacím hřídelím /9,10/.
2. Zařízení podle bodu 1, vyznačené tím, že k vnějším koncům sousedních hnacích hřídelí /9,10/ jsou připevněny křížové klouby /13,14/, připojené k šikmým hřídelím /11, 12/ s prvními ozubenými řemenicemi /17, 19/ stejného průměru, spojenými ozubenými řemeny /20,21/ s druhými ozubenými řemenicemi /16, 18/ rovněž stejného průměru, připevněnými k předlokové hřídeli /15/.
3. Zařízení podle bodu 1, vyznačené tím, že sousední torzní hnací hřídele /9,10/, mají u svých vnitřních konců upravený dvoupólové permanentní magnety /26, 27/ otočně umístěné ve dvoupólových statorech /28,29/ buzených stejnosměrným proudem a svými vnějšími konci jsou připojeny ke koncům dutých hřídelí /24, 25/ s prvními ozubenými řemenicemi /17,19/ stejného průměru, spojenými ozubenými řemeny /20,21/ s druhými ozubenými řemenicemi /16, 18/ rovněž stejného průměru, připevněných k předlokové hřídeli /15/.
4. Zařízení podle bodu 3, vyznačené tím, že na dutých hřídelích /24,25/ je připevněn rotor /33/ synchronního soufázového motoru, jehož stator /34/ je elektricky připojen k jedno nebo vícefázovému generátoru /35/.



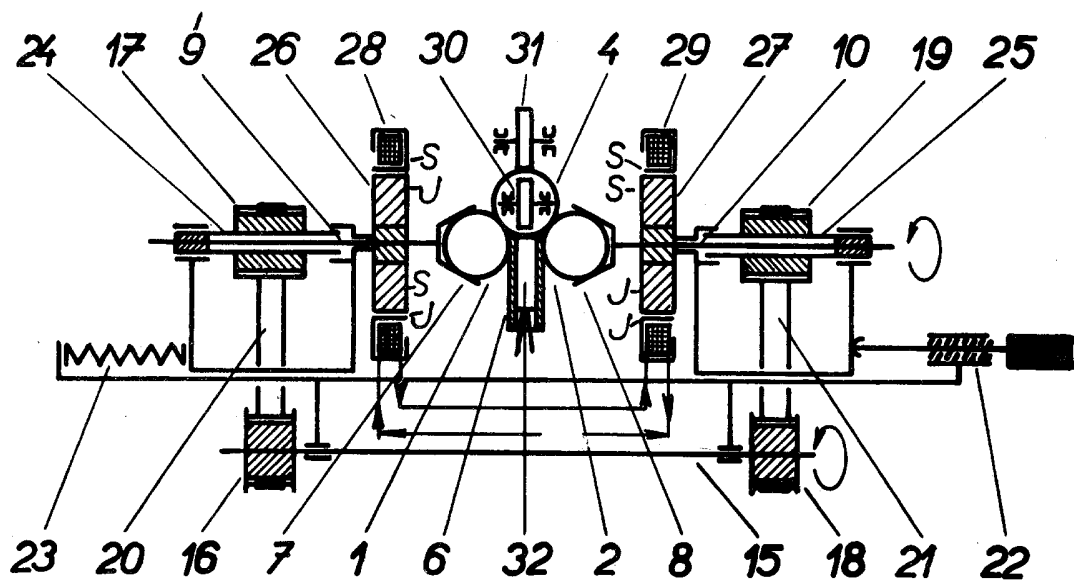
OBR. 1



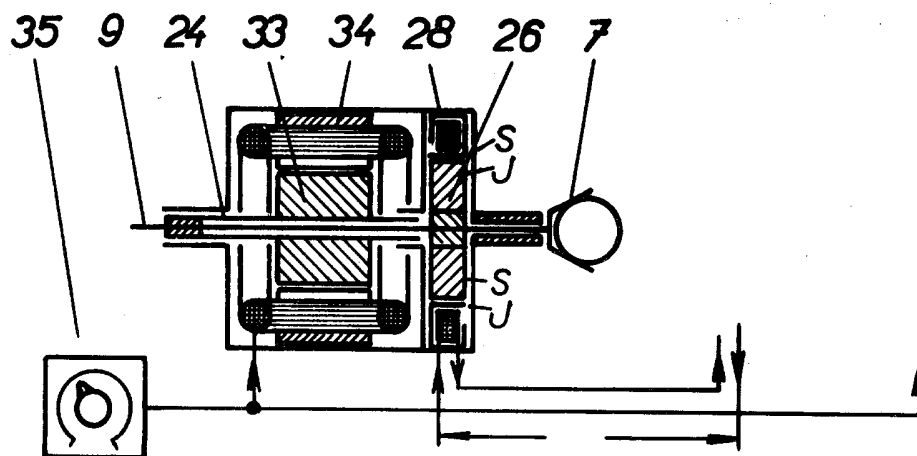
OBR. 2



OBR. 3



OBR. 4



OBR. 5