



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

216 398

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 25 09 80
(21) PV 6473-80

(51) Int. Cl. 3 01 M 13/04

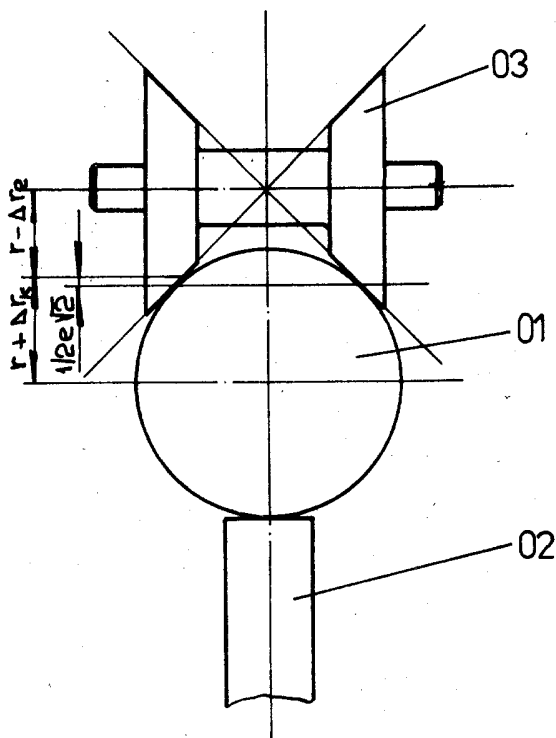
(40) Zveřejněno 31 12 81
(45) Vydáno 01 07 84

(75)

Autor vynálezu BRANÝ JAROSLAV ing., PRAHA

(54) Způsob řízeného odvalování ložiskových kuliček za účelem kontroly celého jejich povrchu

Vynález se týká ložiskových kuliček a řeší způsob řízeného odvalování za účelem kontroly celého jejich povrchu. Kontrolovaná kulička se odvaluje pomocí přítlačného náhonného kotouče pod kontrolním místem na svém řídicím elementu. Při tomto odvalování se během každé poloviny otáčky řídicího elementu periodicky mění osa rotace kontrolované kuličky. Na jejím povrchu se vytváří poledníkový systém, jehož každý bod se postupně dostává pod kontrolní místo. Vlivem nepřesnosti převodu mezi řídicím elementem a kuličkou se vytváří v bodech, kde se mají protínat poledníky, nekontrolovaná místa - pólové čepičky. Aby se zabránilo vzniku pólových čepiček, působí se na kontrolovanou kuličku přes řídicí element přídavnou silou. V první polovině kontrolního cyklu je směr i smysl přídavné síly shodný se směrem a smyslem působení přítlačné síly. Ve druhé polovině působí přídavná síla proti přítlačné síle. Velikost přídavné síly se pohybuje s výhodou v rozmezí od 0 - 30 % minimální přítlačné síly náhonného kotouče.



Vynález se týká způsobu řízeného odvalování ložiskových kuliček za účelem kontroly celého jejich povrchu pro jejich třídění podle jakosti povrchové vrstvy, kde se kontrolovaná kulička otáčí pod operačním místem tak, že se během každé poloviny otáčky kontrolované kuličky periodicky mění její osa otáčení.

Při kontrole ložiskových kuliček pro jejich třídění podle jakosti jejich povrchové vrstvy se tříděné kuličky odvalují po soustavě pomyslných poledníků tak, aby všechny jejich body se postupně dostaly pod kontrolované místo. Kontrolovaná kulička je umístěna na svém řídicím elementu, který na ni působí přitlačnou silou ve dvou místech. Místa, ve kterých na kontrolovanou kuličku působí přitlačná síla, se v průběhu jedné její otáčky periodicky mění. Tím se mění i osa rotace kontrolované kuličky a kulička se odvaluje po soustavě poledníků. Poledníky se protínají ve dvou protilehlých bodech, které se nazývají póly. Vlivem nepřesnosti jednotlivých součástí zařízení, na kterém se kulička pod prohlížečím místem odvaluje i vlivem opotřebení jednotlivých součástí, prostřednictvím kterých se uskutečňuje působení přitlačné síly na kontrolovanou kuličku, to znamená zejména opotřebením řídicího elementu, dochází k poruše periodicity působení přitlačné síly na kontrolovanou kuličku. Změna periodicity působení přitlačné síly na kontrolovanou kuličku má ten nepříjemný důsledek, že se poledníkové kružnice přestanou protínat v jednom bodě. Poloha průsečíku poledníkových kružnic se během každé otáčky kontrolované kuličky mění. Jednotlivé body průsečíku poledníkových kružnic leží na kružnici, která na povrchu kontrolované kuličky vymezuje tak zvanou pólovou čepičku. Pokud je průměr pólové čepičky menší než největší vzdálenost mezi dvěma sousedními poledníky, to je vzdálenost mezi dvěma sousedními poledníky na rovníku kontrolované kuličky, potom není pólová čepička na závadu. Pokud se průměr pólové čepičky zvětší natolik, že je větší než šířka kontrolované plošky, jejíž šířka je větší než vzdálenost dvou sousedních poledníků na rovníku kontrolované kuličky, potom vznikají na povrchu kuličky místa, která neprojdou pod kontrolním místem. Tím se zhoršuje kvalita kontroly. Protože snížení kvality kontroly ložiskových kuliček není přípustné, kladou se vysoké nároky na přesnost výroby, na časté seřizování a na pečlivou údržbu celého kontrolního zařízení. To proto, že vznik pólových čepiček způsobuje opotřebení řídicího elementu, špatné seřízení stroje a nepřesná výroba. Ve většině případech je však vznik pólových čepiček způsoben opotřebením řídicího elementu, prostřednictvím kterého působí na kontrolovanou kuličku přitlačná síla. Jakmile totiž poklesne vlivem opotřebení činný poloměr řídicího elementu, po kterém probíhá odvalování, ve srovnání s činným poloměrem kontrolované kuličky natolik, že se vytváří pólová čepička, jejíž průměr je větší než určitá tolerance, například větší než 1 mm, potom je třeba řídicí element vyměnit. Kontrolní zařízení se rozebere, opotřebovaný řídicí element se nahradí novým řídicím elementem správných rozměrů, potom se kontrolní zařízení opět sestaví a seřídí a po kontrole, že nevznikají u nových kontrolovaných kuliček pólové čepičky, může probíhat další automatická kontrola povrchové vrstvy ložiskových kuliček. Protože styková plocha řídicího elementu s kontrolovanou kuličkou má tvar zborcené plochy, je výroba řídicích elementů náročná na přesné opracování a tedy i velmi drahá. Kon-

trola a seřizování strojů i jejich rozebírání a sestavování je zdlouhavá a snižuje produktivitu kontrolního zařízení. Proto se hledají cesty, které by umožnily ve větší míře využít i opotřebovanější řídící elementy, aniž by se snížila kvalita kontroly, popřípadě které by umožnily rozšířit použitelnost řídících elementů při větším rozsahu výrobních tolerancí.

Tento problém řeší způsob řízeného odvalování ložiskových kuliček za účelem kontroly celého jejich povrchu při jejich třídění podle jakosti povrchové vrstvy podle vynálezu. Kontrolovaná kulička se odvaluje pomocí přitlačného náhonného kotouče na řídícím elementu a otáčí se pod kontrolním místem. Během každé poloviny otáčky řídícího elementu se periodicky mění osa rotace kontrolované kuličky a kulička se odvaluje po systému poledníků, jejichž každý bod projde pod prohlížecím místem. Podstata vynálezu spočívá v tom, že se na kontrolovanou kuličku působí přes řídící element další přidavnou silou, jejíž smysl je v první polovině kontrolního cyklu shodný se smyslem přitlačné síly náhonného kotouče a ve druhé polovině kontrolního cyklu působí přidavná síla proti smyslu přitlačné síly, přičemž velikost přidavné síly řídícího elementu se pohybuje s výhodou v rozmezí 0 až 30 % minimální přitlačné síly náhonného kotouče a v první polovině kontrolního cyklu se velikost přidavné síly řídícího elementu pohybuje v horní polovině rozmezí a ve druhé polovině kontrolního cyklu v dolní polovině rozmezí.

Výhodou způsobu podle vynálezu je, že periodickou změnou působení přidavné síly se ovlivňuje příznivě vznik i velikost pólových čepiček. Působení přidavné síly ovlivňuje velikost převodu mezi činným poloměrem řídícího elementu a činným poloměrem kontrolované kuličky, po kterém se uskutečňuje odvalování. Tak se vlastně řídí vznik, velikost i druh pólových čepiček, které je možno předem vypočítat a určit. Podstatnou výhodou je, že při použití tohoto způsobu se kulička odvaluje po dvou soustavách poledníků. Každá soustava poledníků vytváří vlastní pólovou čepičku. Pólové čepičky jsou však vzájemně překryty poledníky druhé soustavy. Tak se umožní zvýšit životnost řídícího elementu až pětinasobně ve srovnání s dosavadním způsobem. Umožní se také využití řídících elementů v mnohem širších tolerancích. To znamená, že se bude dále využívat těch řídících elementů, které by se podle současných požadavků vyřazovaly vlivem opotřebení mezi vadné. Bude však možno využít i takové řídící elementy, které mají rozměry větší a podle současných požadavků by se musely znova vyrábět. Podstatně se také sníží nároky na údržbu a opravy. Čas nutný k seřízení a výměně řídících elementů poklesne asi na jednu pětinu. Kvalita kontroly zůstává přitom na vysoké úrovni. Velikost přidavné síly je možno rovněž řídit v širokých mezích a přizpůsobovat ji nebo upravovat podle rozměrů řídícího elementu i podle jeho opotřebení.

Způsob řízeného odvalování ložiskových kuliček podle vynálezu je dále popsán a znázorněn na připojených výkresech. Na obr. 1 je znázorněna kontrolovaná kulička s náhonným kotoučem a řídícím elementem v náryu, na obr. 2 detail místa styku mezi kontrolovanou kuličkou a řídícím elementem, na obr. 3 část povrchu kontrolované kuličky, na kterém vzniká vlivem opotřebení kontrolního zařízení pólová čepička, jejíž průměr je větší než

vzdálenost mezi sousedními poledníky na rovníku kontrolované kuličky, na obr. 4 část povrchu kontrolované kuličky, která se odvalovala na řídícím elementu správných rozměrů, kdy na povrchu kuličky vlivem působení přídavné síly vznikají dvě pólové čepičky stejného průměru, které jsou překryty poledníky opačných soustav, na obr. 5 část povrchu kontrolované kuličky, na kterém se vytváří jedna menší pólová čepička a jedna větší pólová čepička, přičemž obě pólové čepičky jsou vlivem působení přídavné síly vzájemně překryty poledníky opačných soustav a na obr. 6 část povrchu kontrolované kuličky, která se odvalovala na značně opotřebovaném řídícím elementu, kdy na povrchu kontrolované kuličky je jedna pólová čepička nulová, zatímco druhá pólová čepička má maximální průměr, ale vlivem působení přídavné síly je překryta poledníky opačné soustavy.

Kontrolovaná kulička 01 je umístěna mezi řídícím elementem 03 a náhonným kotoučem 02 (obr. 1). Náhonný kotouč 02 se nuceně otáčí a pohání kontrolovanou kuličku 01. Kontrolovaná kulička 01 pohání řídící element 03. Povrchová plocha řídícího elementu 03, ve které dochází ke styku s kontrolovanou kuličkou 01, má tvar zborcené plochy. Při odvalování působí na kontrolovanou kuličku 01 přitlačná síla. Zborcená plocha řídícího elementu 03 zajišťuje periodickou změnu působení přitlačné síly na kontrolovanou kuličku 01. Vlivem periodické změny působení přitlačné síly na kontrolovanou kuličku 01 dochází k periodické změně osy rotace kontrolované kuličky 01 a kulička 01 se odvaluje po systému poledníků. Každý bod tohoto poledníkového systému se postupně dostane pod kontrolní místo. Pokud by byl styk mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 bodový a pokud by místa styku mezi kontrolovanou kuličkou 01 a povrchem řídícího elementu 03 ležela přesně v polovině vzdálenosti mezi osou řídícího elementu 03 a rovnoběžkou procházející středem kontrolované kuličky 01, potom by byl převod mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 přesně 1, protože poměr poloměru kontrolované kuličky 01 a poloměru řídícího elementu 03, na kterém dochází k odvalování je přesně 1:1. V tomto případě by se osa rotace odvalované kontrolované kuličky 01 periodicky měnila a kulička 01 by se odvalovala po požadovaném poledníkovém systému, jehož poledníky by se protínaly ve dvou protilehlých pólech. Vlivem statických sil, zejména pak vlivem přitlačné síly, která při odvalování přitlačuje kontrolovanou kuličku 01 řídícím elementem 03 na náhonný kotouč 02, není styk mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 přesně bodový, ale dochází k němu v plošce eliptického tvaru (obr. 2), kde a je poloosa elipsy. Velikost eliptické plošky je možno vypočítat pomocí Herzových vzorců. Vzhledem k nutnosti zachování rovnováhy momentů mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 neleží bod valení ve středu elipsy, ale leží na její poloose a , a je od středu elipsy vzdálen o posunutí e . K posunutí e bodu valení nutně dochází, protože kontrolovaná kulička 01 pohání řídící element 03. Hodnota posunutí e bodu valení by byla rovna nule jedině v tom případě, kdyby byla současně naháněna jak kontrolovaná kulička 01, tak řídící element 03. Vlivem posunutí e bodu valení se mění převod mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03. Činný poloměr kontrolované kuličky 01, to je ten její poloměr, po kterém probíhá odvalování, je větší než činný poloměr r řídícího elementu 03, to je ten poloměr řídícího elementu 03, po kterém se na řídícím elementu 03 kontrolovaná kulička 01 odva-

luje. Přírůstek Δr_k činného poloměru kontrolované kuličky 01 je roven úbytku Δr_e činného poloměru r řídícího elementu 03. Jestliže se poruší poměr poloměrů mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03, který byl původně 1 : 1, potom se poruší i převod mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03, který byl roven jedné. Tím se poruší i pravidelnost opakované změny osy kontrolované kuličky 01. Poledníky se přestanou protínat v jednom bodě a vznikne pólová čepička. Vznik pólové čepičky je možno vysvětlit za určitých zjednodušujících předpokladů. Předpokládá se, že se osa rotace kontrolované kuličky 01 mění skokově o stejný úhel a ve stejném smyslu vždy po vykonání jedné úplné otáčky řídícího elementu 03. Bude-li činný poloměr r řídícího elementu 03 menší než činný poloměr kontrolované kuličky 01, a to o úbytek Δr_e , potom dojde ke změně osy rotace kontrolované kuličky 01 po odvalení dráhy, jejíž délka je

$$s = 2\pi(r - \Delta r_e),$$

kde s je délka dráhy odvalování řídícího elementu 03

r je činný poloměr odvalování na řídícím elementu 03

Δr_e je úbytek poloměru řídícího elementu 03

Budoucí pól na kontrolované kuličce 01 nebude v prvním bodě 1 (obr. 3), kde začalo odvalování kontrolované kuličky 01, ale přesune se do druhého bodu 2, který je od prvního bodu 1 vzdálen o délku rovnou $2\pi\Delta r_e\sqrt{2}$.

Z toho vyplývá, že po první otáčce řídícího elementu 03 se kontrolovaná kulička 01 nepootočila o celý obvod, ale její první poledníková kružnice je kratší o délku rovnou vzdálenosti mezi prvním bodem 1 a druhým bodem 2. Tento druhý bod 2 bude výchozím bodem po změně osy rotace kontrolované kuličky 01 pro druhou poledníkovou kružnici. Druhá poledníková kružnice bude opět o stejnou délku kratší, takže skončí ve třetím bodě 3. Tímto způsobem vznikne po vykonání příslušného počtu otáček poslední bod N pólové čepičky a všechny body 1, 2, 3 až N leží na kružnici, která pólovou čepičku ohraničuje. Jestliže je činný poloměr r řídícího elementu 03 menší než činný poloměr kontrolované kuličky 01, potom vzniká pólová čepička, která se začíná vytvářet v opačném smyslu a která se nazývá záporná pólová čepička. Při obráceném poměru průměrů, to je když je činný poloměr řídícího elementu 03 větší než činný poloměr kontrolované kuličky 01, vzniká pólová čepička kladná. Zajistí-li se odvalování mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 tak, aby převod byl v jedné polovině kontrolního procesu větší než jedna a ve druhé polovině kontrolního procesu menší než jedna, přičemž odvalování se provádí se stejnou kontrolovanou kuličkou 01, aniž by byl vzájemný styk porušen prokluzem, potom vznikají dvě pólové čepičky, které se vzájemně dotýkají v jednom bodě, a to ve fiktivním pólu, který by vznikl při převodu rovném jedné. Jestliže se přírůstek převodu v jedné části kontrolního cyklu rovná úbytku převodu ve druhé části kontrolního cyklu, potom jsou průměry obou pólových čepiček dč stejné a jejich plochy jsou pokryty vzájemně se překrývajícími poledníky opačných systémů. Průměr pólové čepičky dč je možno vypočítat z následujícího vztahu

$$d_{\text{č}} = 4en_p,$$

kde d_g je průměr pólové čepičky

e je posunutí bodu valení na řídícím elementu 03, když je poháněn kontrolovanou kuličkou 01

n_p je počet poledníků

Protože počet poledníků je pro každý průměr kuličky 01 známý, je nutno vypočítat posunutí e bodu valení. Při výpočtu posunutí e bodu valení se vychází ze skutečnosti, že součet všech momentů musí být rovný nule. Tento výpočet je poměrně složitý a proto je uveden jen jeho konečný výsledek; z něhož se vychází při řešení celého problému.

$$e = -r + \sqrt{r^2 + k_1^2 \cdot P^2 + k_1 \cdot k_2 \cdot M_0 \cdot P - \frac{2}{3}}$$

kde e je posunutí bodu valení

r je činný poloměr řídícího elementu 03

k_1 je činitel závislý na křivosti styčných ploch, na jejich vzájemné orientaci, na poloměru řídícího elementu 03 a na modulu pružnosti v tahu

k_2 je činitel závislý na koeficientu tření mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03

M_0 je odporový moment

P je přitlačná síla

Z uvedených závislostí vyplývá, že velikost posunutí e bodu valení je možno ovlivňovat dvěma způsoby. Je to buď změnou velikosti přitlačné síly, nebo změnou velikosti odporového momentu. Změnou velikosti přitlačné síly se změní velikost poloosy a elipsy, a tím i velikost hodnoty posunutí e bodu valení. Na této skutečnosti je založen způsob řízeného odvalování. Vychází z toho, že řídící element 03 má při konstantní přitlačné síle takový činný poloměr, že převod mezi řídícím elementem 03 a kuličkou 01 je s ohledem na body valení přesně roven jedné. Jestliže bude působit během první poloviny kontrolního cyklu přídavná síla, jejíž směr i smysl bude stejný jako směr a smysl působení přitlačné síly, potom převod mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 bude v této první polovině kontrolního cyklu větší než jedna. Při tomto převodu se kulička 01 bude odvalovat po takovém poledníkovém systému, který obsahuje kladnou pólovou čepičku (obr. 4). Jestliže ve druhé polovině kontrolního cyklu bude působit přídavná síla proti smyslu přitlačné síly, bude převod mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 menší než jedna. Při tomto převodu se bude kulička 01 odvalovat po poledníkovém systému, který obsahuje zápornou pólovou čepičku. Obě pólové čepičky jsou stejného průměru a jsou vzájemně překryty poledníky opačných systémů. Podmínkou při tom je, aby nedocházelo k prokluzu mezi kontrolovanou kuličkou 01 a řídícím elementem 03 vlivem působení přídavné síly ve druhé polovině kontrolního cyklu, když přídavná síla působí proti smyslu přitlačné síly. Minimální velikost přitlačné síly musí být alespoň rovna přitlačné síle zamezující prokluzu. Tak je tomu v případě, kdy přídavná síla se rovná 0. V průběhu jednoho kontrolního cyklu se velikost přídavné síly pohybuje s výhodou od 0 až 30 % minimální přitlačné síly. Přitom v jedné polovině kontrolního cyklu se velikost přídavné síly pohybuje v horní polovině rozmezí, tj. má hodnotu například 15 až

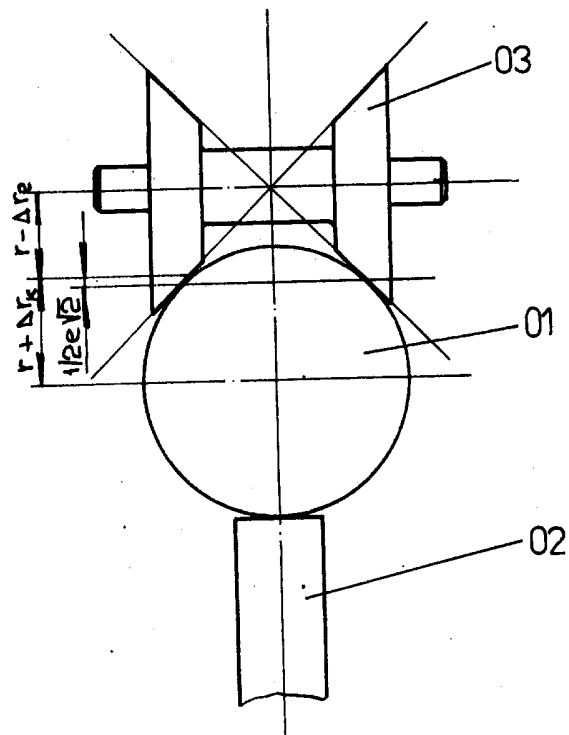
30 %, a ve druhé polovině kontrolního cyklu v dolní polovině rozmezí, tj. má hodnotu například 0 až 15 %.

Jako první příklad konkrétního provedení je možno uvést ten případ, kdy dojde k poruše převodu vlivem opotřebení řídicího elementu 03 natolik, že se vytváří pólová čepička o průměru větším než jeden mm. V takovém případě by bylo nutno řídicí element 03 vyřadit a nahradit novým. Při využití způsobu podle vynálezu je možno vypočítat a praktickými zkouškami ověřit, že u jednoho poledníkového systému vznikne jedna pólová čepička o průměru 4 mm (obr. 5) a u druhého poledníkového systému vznikne druhá pólová čepička o průměru 2 mm. Obě pólové čepičky jsou vzájemně překryty poledníky opačných systémů, takže na kontrolované kuličce 01 žádná nekontrolovaná místa nevzniknou. Jako druhý konkrétní příklad je možno uvést případ s opačným porušením převodu, kdy vlivem výrobních nepřesností je činný průměr řídicího elementu 03 větší než řídicí průměr kontrolované kuličky 01. Je uveden mezní případ, u kterého by došlo k takovému porušení převodu, které by mělo při normálním způsobu odvalování za následek vznik pólové čepičky o průměru 6 mm, což je zcela nepřijatelné. Zavede-li se působení přídavné síly, potom se v první polovině kontrolního cyklu, kdy přídavná síla působí ve stejném smyslu jako přítlačná síla, vytváří poledníkový systém s pólovou čepičkou o průměru 6 mm (obr. 6). Ve druhé polovině kontrolního cyklu, když přídavná síla působí proti smyslu přítlačné síly, se vytváří druhý pólový systém, jehož pólová čepička je nulová. Poledníky druhého systému budou překrývat pólovou čepičku, která se vytvořila v prvním poledníkovém systému, takže na povrchu kontrolované kuličky 01 nevzniknou žádná nekontrolovaná místa.

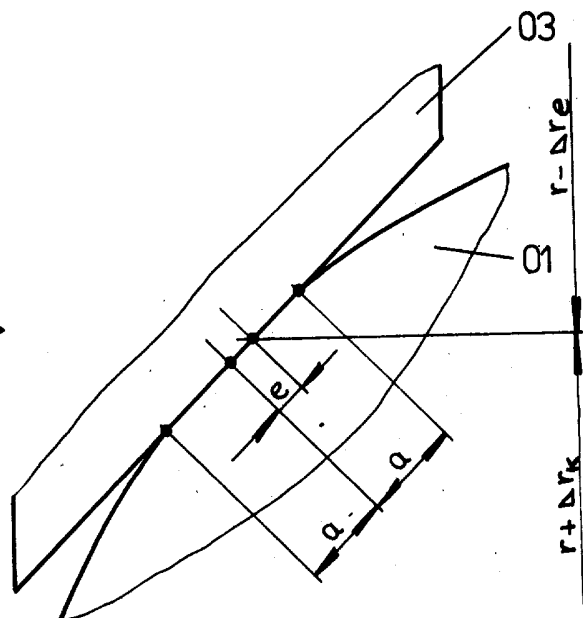
Vynálezu se využije při kontrole, čištění a prohlížení kuliček, zejména pro kuličkově ložiska.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

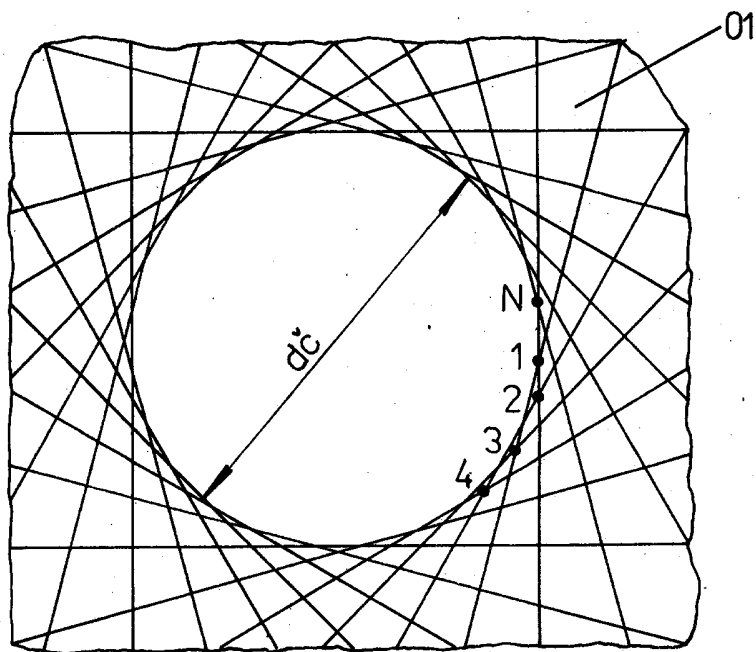
Způsob řízení odvalování ložiskových kuliček za účelem kontroly celého jejich povrchu při jejich třídění podle jakosti povrchové vrstvy, při kterém se kontrolovaná kulička odvaluje pomocí přítlačného náhonného kotouče na řídicím elementu a otáčí se pod kontrolním místem tak, že se během každé poloviny otáčky řídicího elementu periodicky mění osa rotace kontrolované kuličky a kulička se odvaluje po systému poledníků, jejichž každý bed projde pod prohlížecím místem, vyznačující se tím, že se na kontrolovanou kuličku působí přes řídicí element další přídavnou silou, jejíž smysl je v první polovině kontrolního cyklu shodný se smyslem přítlačné síly náhonného kotouče, zatímco ve druhé polovině kontrolního cyklu působí přídavná síla proti smyslu přítlačné síly náhonného kotouče, ačkoliv velikost přídavné síly řídicího elementu se pohybuje v rozmezí 0 až 30 % minimální přítlačné síly náhonného kotouče a v první polovině kontrolního cyklu se velikost přídavné síly řídicího elementu pohybuje v horní polovině rozmezí a ve druhé polovině kontrolního cyklu v dolní polovině rozmezí.



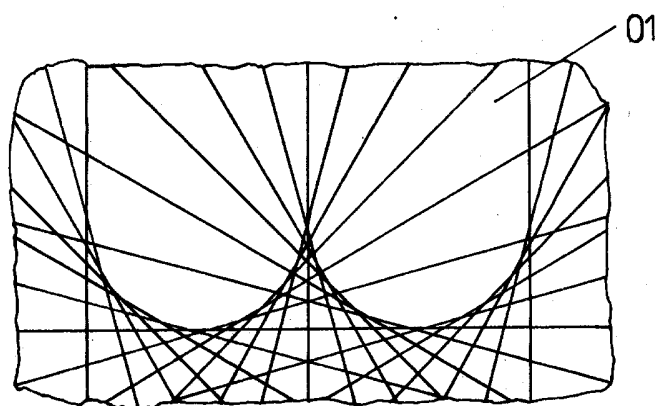
Obr. 1



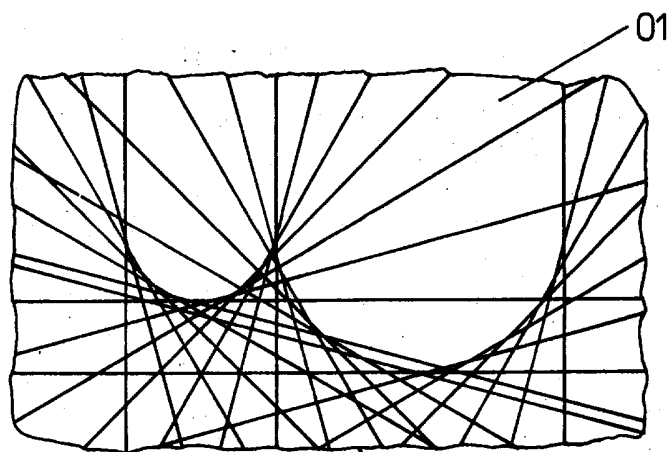
Obr. 2



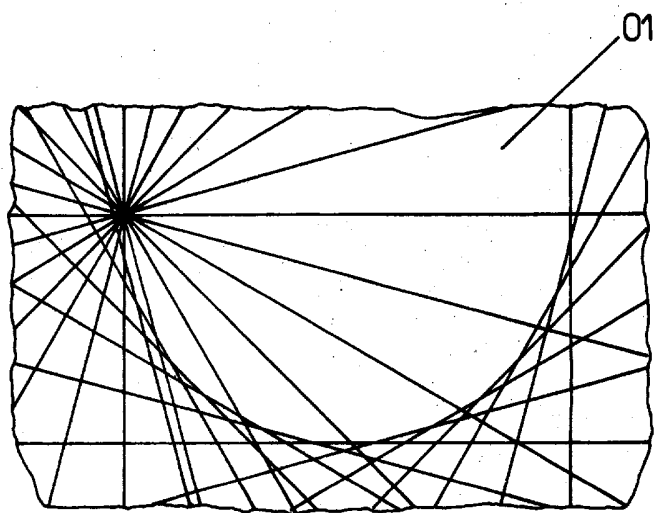
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6