

FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

269 837

(21) PV 813-87.Y
(22) Přihlášeno 09 02 87

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴
G 01 N 27/04

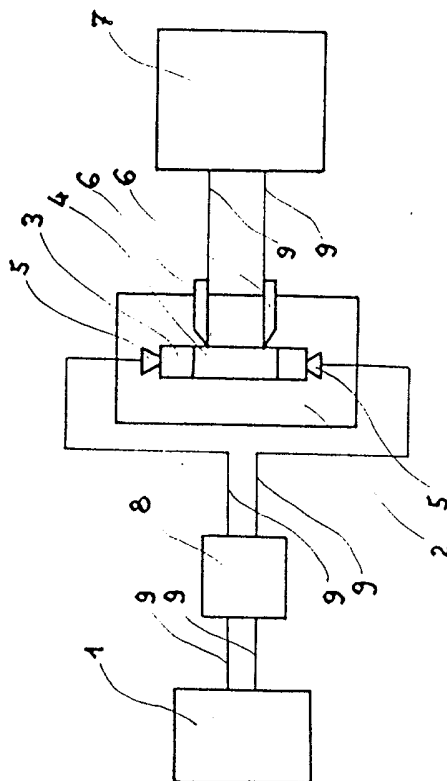
(40) Zveřejněno 13 10 89
(45) Vydáno 15 07 91

(75) Autor vynálezu LIŠKUTÍNOVÁ MARIE prom. fyz., BRNO

(54)

Způsob nedestruktivního zjišťování
hloubky zakalené vrstvy parciálně
kalených součástí vyrobených z oceli
a zařízení k provádění tohoto způsobu

(57) Řešení se týká oboru nedestruktivního zkoušení materiálu. Pro zjištění hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli se změní měrný elektrický odpor a hloubka zakalené vrstvy se určí pomocí cejchovní závislosti měrného elektrického odporu na hloubce zakalené vrstvy se známou hloubkou zakalené vrstvy určené jinou, zejména absolutní metodou. Místo absolutních hodnot měrného elektrického odporu mohou být použity hodnoty, které jsou tomuto pouze úměrné, zejména úbytky napětí. Pro uvedený způsob je navrženo jednoduché zařízení. Způsob a zařízení najdou uplatnění jako kontrolní metoda tam, kde se vyvíjejí a aplikují metody parciálního kalení součástí z oceli, zejména v ložiskovém průmyslu.



Vynález se týká způsobu a zařízení nedestruktivního zjišťování hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli, zejména oceli na valivá ložiska.

Jediný existující způsob spolehlivého zjištění hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli je destruktivní. Parciálně zakalená součást se ve sledovaném místě rozřeže příčným nebo podélným řezem, anebo pro dosažení větší přesnosti stanovení řezem skloněným v menším úhlu než 90°C k povrchu a na řezové ploše se známým postupem připraví metalografický výbrus. Na metalografickém výbrusu se potom v odstupňovaných vzdálenostech od povrchu směrem do jádra součásti měří tvrdost při vhodném zatížení a z výsledků měření tvrdosti se podle zadaných požadavků určí hloubka zakalené vrstvy o požadované tvrdosti. Z důvodu statistické povahy měření tvrdosti je vhodné celé měření tvrdosti na rovinném řezu součásti od povrchu směrem do jádra provést na několika ekvivalentních nebo blízkých místech. Tato jediná absolutní metoda stanovení hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli je velmi pracná a náročná na čas. Navíc je to metoda destruktivní, protože sledovaná součást je při aplikaci metody zničena.

Všechny nedestruktivní způsoby zjišťování hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli jsou etalonové. Tyto způsoby používají metody měření magnetických veličin jako je metoda zbytkového magnetického pole, metoda toku magnetickým jhem a metoda střídavého pole.

Metoda zbytkového magnetického pole má nevýhodu v tom, že výsledek měření ovlivňuje svým podílem i sousední oblasti, které nebyly magnetováním magneticky nasyceny, což může vyvolat klamnou představu o vlastnostech materiálu. Dále je pro zvýšení spolehlivosti vhodné zařadit mezi dvě měření odmagnetování střídavým polem, čímž je zvýšena pracnost měření. Metoda toku magnetickým jhem má nevýhodu v tom, že správné výsledky poskytuje jen tehdy, když je dosaženo magnetizace až do nasycení. Při použití příložené sondy pro magnetizaci se tento stav dosahuje obtížně, praxe však ukazuje, že i v případě magnetování v cívice se v jednom případě ze tří až pěti opakovaných kontrolních měření provedených na témže místě sledované součásti stav nasycení nedosáhne, čímž je ovlivněna spolehlivost metody a reprodukovatelnost výsledků. Metoda střídavého pole pracuje spolehlivě pouze v určitém rozmezí hloubek zakalené vrstvy a navíc magnetická permeabilita, která je zde testovanou veličinou, závisí na celé řadě materiálových vlastností kromě tvrdosti.

Všechny dosavadní způsoby nedestruktivního zjišťování hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli mají společnou malou spolehlivost a možnost použití pouze ve specifických podmínkách, jed noučelové, nikoliv univerzální použití.

Uvedené nedostatky ve značné míře odstraňuje způsob nedestruktivního zjišťování hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli, zejména z oceli na valivá ložiska podle vynálezu. Podstata způsobu podle vynálezu spočívá v tom, že se změní na sledované součásti v dílčím objemu obsahujícím parciálně kalenou vrstvu měrný elektrický odpor. Hloubka zakalené vrstvy se určí pomocí cejchovní závislosti měrného elektrického odporu na hloubce zakalené vrstvy pořízené na součástech téhož tvaru a rozměrů, parciálně kalených použitím téže technologie, se známou hloubkou zakalené vrstvy určenou jinou, zejména absolutní metodou. Další podstata způsobu podle vynálezu je v tom, že se použije hodnot, které jsou měrnému elektrickému odporu úměrné, zejména úbytku napětí. Další podstatou vynálezu je zařízení k provádění uvedeného způsobu. Zařízení podle vynálezu sestává ze zdroje stejnosměrného proudu připojeného k proudovým kontaktům pomocí elektrických vodičů přes komutátor, kterým lze měnit směr protékajícího proudu. Napěťové kontakty jsou propojeny na vstup mikrovoltmetru, kterým lze měřit úbytky stejnosměrného elektrického napětí. Další podstata zařízení podle vynálezu je v tom, že vzdálenost mezi napěťovými kontakty je konstantní.

Na připojeném výkresu je znázorněno schéma zařízení podle vynálezu, sloužícího ke stanovení hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli pomocí měření měrného elektrického odporu sledovaných součástí. Zařízení sestává ze zdroje 1 stejnosměrného proudu, připojeného pomocí vodičů 2 přes komutátor 8 k proudovým kontaktům 5. Napěťové kontakty 6 jsou pomocí vodičů 2 připojeny na vstup mikrovoltmetru 7. Proudové kontakty 5 a napěťové kontakty 6 přiléhají k povrchu měřené součásti 3, která je upevněna v držáku 2. Jako zdroj 1 stejnosměrného proudu může sloužit sériově vyráběný dvoucestný křemíkový usměrňovač typ DUK 3 výrobce OPP Brno venkov Tišnov, ze kterého lze získat stejnosměrný proud dvou hodnot: cca 2,65 A - poloha AUTO, 6 až 12 V a cca 8,75 A - poloha MOTO, 6 V anebo popřípadě jiný zdroj stabilizovaného stejnosměrného proudu umožňujícího přesně nastavit jmenovitou hodnotu provozních ampér, nejlépe v rozsahu 1 až 10 A. Držák 2 součásti 3 je vyrobený z elektricky nevodivého materiálu, například tvrzeného papíru, textilu a má za úkol fixovat polohu součásti 3 při měření a vhodným způsobem připojuje k součásti 3 elektrické vodiče 2 pomocí dvou proudových kontaktů 5 a dvou napěťových kontaktů 6. Napěťové kontakty 6 mají tvar nožových břitů, vhodným materiálem je kalená nízkouhlíková ocel, popřípadě v měkkém stavu a přikládají se na povrch součásti 3 pod mírným tlakem, a to v místě, pod kterým se předpokládá existence zakalené vrstvy anebo vymezí na povrchu sledované součásti 3 plochu, pod kterou nás zajímají objemové vlastnosti zakalené vrstvy. Proudové kontakty 5 nejlépe ve tvaru mírně zaoblených symetrických hrotů anebo hrotů s vybroušenou příložnou plochou malých rozměrů z dobrého elektricky vodivého materiálu, například mědi, hliníku, jsou umístěny tak, aby se sledované součásti 3 pod mírným tlakem, zajištěným například pomocí pružiny, dotýkaly. Součást 3 slouží při měření jako elektrický vodič, kterým protéká proud a proudové kontakty 5 musí být umístěny vzhledem k povrchu součásti 3 tak, aby ve sledovaném objemu 4 byl zajištěn pokud možno rovnoměrný tok proudu. Připojení zdroje 1 stejnosměrného proudu k proudovým kontaktům 5 se provede pomocí elektrických vodičů 2 přes komutátor 8, kterým lze měnit směr proudu protékajícího sledovanou součástí 3. Napěťové kontakty 6 jsou propojeny na vstup mikrovoltmetru 7, kterým lze měřit úbytky stejnosměrného elektrického napětí velikosti řádově stovek a desítek mikrovolt s přesností na jednotky mikrovolt. Takovým vhodným mikrovoltmetrem 7 je například číslicový multimetr typ M1I 290 výrobek Metry Blansko.

Podle vynálezu se postupuje takto:

Nejprve se sledovaná součást 3 umístí v držáku 2 a k jejímu povrchu se přitlačí proudové kontakty 5 a napěťové kontakty 6. Na mikrovoltmetru 7 je třeba zkontrolovat, popřípadě seřídit nastavení nuly. Při přitlačených napěťových kontaktech 6, připojeném mikrovoltmetru 7 a vypnutém proudu nesmí mikrovoltmetr 7 ukazovat hodnotu napětí mimo rozsah kolísání nuly. Pokud tomu tak není, je třeba uvolnit a znovu dotlačit napěťové kontakty 6, až se jmenovitá hodnota čtení na mikrovoltmetru 7 sníží do rozsahu kolísání nuly. Není nutné, aby povrch součásti byl ideálně hladký, například broušený. Tenká povlaková vrstva kysličníků, vznikající běžně na povrchu součástí při průchodu kalicí linkou, není překážkou. Součást 3 by pouze neměla mít v místech dotyku napěťových kontaktů 6 a proudových kontaktů 5 stopy hloubkové koroze. Dále se zapne proud, který protéká obvodem se vzorkem, tj. proudové kontakty 6 se propojí přes komutátor 8 se zdrojem 1 stejnosměrného proudu. Nyní lze na mikrovoltmetru 7 odečíst hodnotu úbytku napětí u_1 . Potom se změní komutátorem 8 směr proudu protékajícího sledovanou součástí 3 a na mikrovoltmetru 7 se odečte hodnota úbytku napětí u_2 .

Pro výpočet měrného elektrického odporu ρ podle definičního vztahu

$$\rho = \frac{U}{I} \cdot \frac{S}{l} = k \cdot U$$

kde U je změřený úbytek napětí, I je jmenovitá hodnota proudu, S je průřez a l je délka vodiče, tj. dílčí části sledované součásti 3, k je konstanta závislá na průřezu a délce vodiče a hodnotě proudu I , se použije hodnota úbytku napětí

$$U = \frac{u_1 + u_2}{2}$$

Tímto způsobem lze totiž eliminovat vliv stejnosměrných parazitních šumových elektromotorických sil, například termoelektrických sil od magnetických polí a podobně. Dále je třeba věnovat pozornost tomu, aby v obvodu nevznikly žádné přechodové odpory.

Toto je postup při provádění jednoho dílčího měření měrného elektrického odporu za účelem zjištění hloubky kalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli.

Dále je třeba pro danou technologii parciálního kalení a daný tvar a rozměr vzorků - sledovaných součástí, sestavit cejchovní křivku. K tomuto účelu je třeba mít k dispozici několik součástí, na kterých byla aplikována uvedená technologie parciálního kalení se známou anebo různou hloubkou zakalené vrstvy. Pokud hloubka zakalené vrstvy není známa, lze postupovat tak, že se nejprve provede na součástech v dílčím objemu měření měrného elektrického odporu a ty se potom rozřežou a hloubka zakalené vrstvy se určí destruktivním způsobem pomocí měření tvrdosti na řezech a sestaví se cejchovní křivka.

V praxi bývá častou potřeba kontroly velkého počtu stejných součástí, kdy parciálně kalená vrstva se nachází na identických částech součástí. Pro tyto případy je možné postupovat tak, že se pro stanovení hloubky zakalené vrstvy použije přímo změřených hodnot úbytku napětí na mikrovoltmetru 7.

Podmínky měření musí být přitom zcela identické, tj. musí být zachována konstantní vzdálenost napěťových kontaktů 6, hodnota proudu musí být konstantní a musí být měřen identický objem 4 sledovaných součástí 3. Potom není třeba počítat měrný elektrický odpor, ale je možné cejchovní křivku pro dané podmínky vztáhnout přímo k měřeným úbytkům napětí. Tímto způsobem se lze vyhnout výpočtu měrného elektrického odporu, který může být u složitých tvarů a průřezů součástí značně komplikovaný.

Celý postup podle vynálezu je velmi rychlý, obsahuje vteřinové operace, celkově méně než 1 min.:

- vložení součásti 3 do držáku 2
- přiložení proudových kontaktů 5
- přiložení napěťových kontaktů 6
- kontrola nuly mikrovoltmetru 7
- zapnutí proudu
- odečet hodnoty úbytku napětí, záznam hodnoty
- komutace
- odečet hodnoty úbytku napětí, záznam hodnoty
- přepočítání na měrný elektrický odpor, tj. násobení konstantou
- konfrontace s cejchovní křivkou, určení hloubky zakalené vrstvy

Tento postup je možné zautomatizovat a zařadit do průběžné výrobní linky.

Příklad postupu podle vynálezu.

Postup podle vynálezu byl ověřen na případě hřídelí o průměru 16x73 mm včetně pro textilní stroje. Hřídele byly indukčně kaleny v okolí oběžných drah, takže pod oběžnou dráhou vznikla zakalená vrstva tvaru čočky o různé tloušťce - hloubce pod povrchem. Materiálem, z něhož byly hřídele vyrobeny byla ložisková ocel.

Zařízení podle vynálezu bylo upraveno tak, že držák 2 byl opatřen dvěma proudovými kontakty 5, které byly pomocí pružin přitlačovány na obě čela hřídelí. Napěťové kontakty

6 byly realizovány dvěma nožovými břitzy, které byly dotlačovány na válcovou plochu hřídelí kolem oběžné dráhy a jejich vzdálenost byla 8 mm. Jako zdroj 1 stejnosměrného proudu sloužil dvoucestný křemíkový usměrňovač typ DUK 3 a jako mikrovoltmetr 7 digitální voltmetr s rozsahem 20 mV.

Na hřídeli číslo 1 byl změřen úbytek napětí 0,134 mV, po komutaci -0,126 mV, průměr absolutních hodnot obou měření byl určen 0,130 mV. Měrný elektrický odpor byl vypočten násobením konstantou $k = 274,2 \text{ mA}^{-1} \cdot 10^{-5}$, která byla vypočtena pro dané rozměry hřídele a danou hodnotu proudu jako $35,6 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$. Později byla pro tuto hřídel zjištěna na řezu hloubka vrstvy s tvrdostí HRC 58 2,5 mm. Na hřídeli číslo 2 byl změřen úbytek napětí 0,088 mV, po komutaci -0,091 mV, průměr absolutních hodnot 0,0895 mV a příslušná hodnota měrného elektrického odporu byla vypočtena jako $24,5 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$. Na tomto vzorku byla na řezu pod oběžnou drahou zjištěna hloubka vrstvy s tvrdostí HRC 58 pouze 0,8 mm.

Takových výsledků porovnání měrného elektrického odporu změřeného na objemu hřídelí obsahujícím oběžnou dráhu a tvrdosti na řezu vzorkem pod oběžnou drahou bylo k dispozici 29. Těmito výsledky byla metodou nejmenších čtverců proložena lineární závislost.

$$h_{58} = 0,138 \times \rho - 2,81$$

kde h_{58} je hloubka v mm s tvrdostí HRC 58 pod oběžnou drahou a ρ je měrný elektrický odpor v jednotkách $\Omega \cdot \text{m} \cdot 10^{-8}$. Tato přímka může sloužit jako cejchovní závislost pro určování hloubky zakalené vrstvy hřídelí textilních vřeten pod oběžnou drahou pro danou technologii kalení, jelikož koeficient korelace lineární závislosti 0,821 je statisticky velmi významný.

Způsob a zařízení podle vynálezu mohou najít velmi dobré uplatnění všude tam, kde se vyvíjejí a aplikují metody parciálního kalení součástí vyrobených z oceli jako kontrolní metoda, protože

- měrný elektrický odpor je velmi citlivým indikátorem hloubky zakalené vrstvy
- měrný elektrický odpor lze měřit s vysokou přesností
- zařízení je poměrně jednoduché, pořizovací náklady nejsou vysoké
- postup podle vynálezu je jednoduchý a rychlý a je možné jej zautomatizovat.

P R Ě D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob nedestruktivního zjišťování hloubky zakalené vrstvy parciálně kalených součástí vyrobených z oceli, zejména z oceli na valivá ložiska, vyznačující se tím, že se zaměří na sledované součásti v dílčím objemu obsahujícím parciálně kalenou vrstvu, měrný elektrický odpor a hloubka zakalené vrstvy se určí pomocí cejchovní závislosti měrného elektrického odporu na hloubce zakalené vrstvy, pořízené na součástech téhož tvaru a rozměrů, parciálně kalených použitím téže technologie, se známou hloubkou zakalené vrstvy určenou jinou, zejména absolutní metodou.
2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že se použije hodnot, které jsou měrnému elektrickému odporu úměrné, zejména úbytku napětí.
3. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, vyznačující se tím, že sestává ze zdroje (1) stejnosměrného proudu, připojeného k proudovým kontaktům (5) pomocí elektrických vodičů (9) přes komutátor (8), pro změnu směru protékajícího proudu, přičemž napěťové kontakty (6) jsou propojeny na vstup mikrovoltmetru (7), pro měření úbytku stejnosměrného elektrického napětí.

4. Zařízení podle bodu 3, vyznačující se tím, že vzdálenost mezi napěťovými kontakty (6) je konstantní.

1 výkres

