



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

265916

(11) (B1)

(13)

(51) Int. Cl.⁴

G 01 N 33/20

(22) Přihlášeno 16 12 86

(21) PV 9376-86.0

(40) Zveřejněno 11 04 89

(45) Vydáno 13 04 90

(75)

Autor vynálezu

LIŠKUTÍNOVÁ MARIE prom. fyz., BRNO

(54) Způsob zjišťování obsahu zbytkového austenitu

(57) Řešení se týká nedestruktivního zkoušení jakosti materiálu. Podstata zjišťování obsahu zbytkového austenitu spočívá v použití hodnot měrného elektrického odporu, který se změří na součásti vyrobené z oceli s austeniticko-martenzitickou strukturou zejména tepelně zpracované ložiskové oceli některou ze známých metod, pro stanovení hodnoty obsahu zbytkového austenitu. Podle zjištěné závislosti měrného elektrického odporu na obsahu zbytkového austenitu oceli s austeniticko-martenzitickou strukturou, se změřené hodnotě měrného elektrického odporu buď přímo přiřadí příslušná hodnota obsahu zbytkového austenitu nebo se tato hodnota obsahu zbytkového austenitu přiřadí hodnotě úměrné měrnému elektrickému odporu na základě jejich chovní křivky určené pomocí několika etalonových součástí těchž rozměrů a tvaru se známým obsahem zbytkového austenitu. Řešení je použitelné zejména v ložiskovém průmyslu k nedestruktivní kontrole obsahu zbytkového austenitu hotových součástí valivých ložisek nebo i jako mezioperační kontrola.

Vynález se týká nedestruktivního zjišťování obsahu zbytkového austenitu součástí vyrobených z ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou, zejména tepelně zpracované ložiskové oceli.

Dosavadní způsob zjišťování obsahu zbytkového austenitu součástí vyrobených z ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou zejména tepelně zpracované ložiskové oceli využívá například rentgenové difrakce. Způsob se nazývá rentgenová difrakční analýza, zařízení potřebné pro provozování způsobu je rentgenový difraktometr. Tento způsob zjišťování obsahu zbytkového austenitu je absolutní, bezetalonový. Při jeho aplikaci je třeba zhotovit rentgenogram dané součásti, změřit integrální intenzity difrakcí příslušných austenitu a martenzitu a na základě výpočetních faktorů stanovit podle známého vzorce obsah zbytkového austenitu. Nevýhodou tohoto způsobu je, že je pracný a v mnohých případech destruktivní. To je z důvodu, že pronikavost rentgenových paprsků do kovových materiálů je nízká, okolo 0,01 až 0,02 mm, nezjišťuje se tedy hodnota obsahu zbytkového austenitu v celém objemu součásti, ale pouze v tenké povrchové vrstvě. Povrchová vrstva se ale většinou liší od vlastního objemu, takže pro spolehlivé stanovení obsahu zbytkového austenitu je třeba součást rozřezat, čímž je zničena. Zařízení k provozování tohoto způsobu je velmi drahé, pracoviště je nutné zařadit mezi riziková pracoviště s ionizačním zářením, takže se navíc jedná o zhoršení životního prostředí. Dále je tento způsob zcela laboratorní a nelze jej například použít jako kontrolní metodu v automatizovaných linkách ve výrobních závodech.

Jiné způsoby zjišťování obsahu zbytkového austenitu součástí vyrobených z ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou zejména tepelně zpracované ložiskové oceli využívají závislosti magnetických vlastností například magnetické indukce, remanentní indukce, koercitivní intenzity magnetického pole aj. na obsahu zbytkového austenitu. Uvedené způsoby zjišťování obsahu zbytkového austenitu jsou nedestruktivní, pro jejich provozování je však třeba mít k dispozici součásti se známým obsahem zbytkového austenitu jako etalony. Tyto etalonové součásti musí být vyrobeny přesně tímž sledem technologických operací při tepelném zpracování. Nevýhodou tohoto způsobu je nízká spolehlivost. Vysoké procento počtu měření neodpovídá cejchovným křivkám. Jakmile se totiž změní sled operací tepelného zpracování anebo některá z operací se vypustí nebo přidá, nepracuje již tento způsob stanovení obsahu zbytkového austenitu spolehlivě a je třeba zajistit soubor nových etalonů pro tyto pozměněné podmínky tepelného zpracování.

Někdy se používá ještě další způsob stanovení obsahu zbytkového austenitu součástí vyrobených z ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou pracující na principu Mössbauerova jevu. Tento způsob je laboratorní, stoprocentně destruktivní a klade značné požadavky na přípravu vzorku. Pracuje na principu vyhodnocování skepter, platí tedy pro něj podobné výhody a nevýhody jako pro metody rentgenové difrakce.

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob zjišťování obsahu zbytkového austenitu součástí vyrobených z ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou, zejména tepelně zpracované ložiskové oceli, založený na měření elektrického odporu, podle něž se na součásti změní měrný elektrický odpor nebo hodnota úměrná měrnému elektrickému odporu a podle zjištěné závislosti měrného elektrického odporu na obsahu zbytkového austenitu oceli s austeniticko-martenzitickou strukturou, se změřené hodnotě měrného elektrického odporu buď přímo přiřadí příslušná hodnota obsahu zbytkového austenitu nebo se tato hodnota obsahu zbytkového austenitu přiřadí hodnotě úměrné měrnému elektrickému odporu na základě cejchovní křivky určené pomocí několika etalonových součástí týchž rozměrů a tvaru se známým obsahem zbytkového austenitu.

Způsoby měření měrného elektrického odporu resp. vodivosti jsou známy. Používají se v některých oborech, např. v polovodičové technice pro kontrolu užitných vlastností nebo výrobků. Byl již také měřen měrný elektrický odpor ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou, i ložiskové oceli. Například ve sborníku Dne nové techniky v elektromagnetické defektoskopii uveřejněném v Technickém magazínu závodní pobočky ČVTS ZKL Brno, 1965, jsou na str. 3 až 11 v příspěvku ing. Samotného CSC: "Elektromagnetická strukturoskopie a její

problémy při praktické aplikaci" publikovány údaje o měrném elektrickém odporu ložiskových ocelí. Podobné údaje jsou však doposud v literatuře ojedinělé a vzácné. Měření vodivosti se většinou omezují na vzorky jednoduchého tvaru, např. tyčinky rozměrů 10x10x100 mm, pro které platí jednoduché výpočetní vztahy.

Pro měření měrného elektrického odporu ocelí se nejvíce používá způsobu podle Ohmova zákona, kde odpor

$$R = \frac{U}{I}$$

kde U je úbytek napětí na vodiči, jehož měrný elektrický odpor měříme, vznikající průchodem stejnosměrného proudu intenzity I . Měrný elektrický odpor ρ se pak určí z odporu R podle definičního vztahu

$$\rho = R \cdot \frac{U}{l}$$

kde S je průřez a l délka vodiče.

Dále je známo, že měrný elektrický odpor určité vodivé látky závisí na její struktuře, anebo přesněji řečeno, na parametrech popisujících strukturu dané látky. V případě ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou je jedním z parametrů charakterizujících strukturu obsah zbytkového austenitu. Z toho logicky vyplývá, že měrný elektrický odpor ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou závisí na obsahu zbytkového austenitu ve struktuře. Ve většině případů lze u této závislosti s dobrou přesností vystačit s aproximací polynomem třetího stupně, tj. závislostí typu

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$$

kde x je obsah zbytkového austenitu a a_0, a_1, a_2, a_3 experimentálně zjištěné koeficienty.

Pro ložiskovou ocel ČSN 41 4109 byly metodou nejmenších čtverců pro cca 60 měření určeny koeficienty měrného elektrického odporu na obsahu zbytkového austenitu po tepelném zpracování takto: $a_0 = 25,8$; $a_1 = 0,54$; $a_2 = 0$; $a_3 = 0$ s koeficientem korelace 0,85, který je při uvedeném počtu měření statisticky významný.

Jako použité vzorky pro ověření této závislosti bylo použito 32 ks tepelně zpracovaných tyčinek ϕ 4x100 mm a dále 29 ks vnitřních kroužků ložiska 3 0210 E.

Při těchto měřeních byly úbytky napětí vzniklé na vodičích z ložiskové oceli řádově desetiny mV, rozdíly mezi jednotlivými vzorky se pohybovaly v řádu setiny mV. Pro měření úbytku napětí byl použit milivoltmetr mlT 290, výrobek Metry n.p.

Je možné uvést několik údajů jako příklad:

Na tyčince č. 1 byla změřena hodnota měrného elektrického odporu $28,9 \Omega \cdot m \cdot 10^{-8}$ a rentgenografickou metodou byla u téže tyčinky zjištěna hodnota obsahu zbytkového austenitu $(3,8 \pm 0,8) \%$. Na tyčince č. 2 byla zjištěna hodnota měrného elektrického odporu $30,8 \Omega \cdot m \cdot 10^{-8}$ a hodnota obsahu zbytkového austenitu $(9,5 \pm 1,9) \%$. Na tyčince č. 3 byla zjištěna hodnota měrného elektrického odporu $39,6 \Omega \cdot m \cdot 10^{-8}$ a hodnota obsahu zbytkového austenitu $(19,3 \pm 3,8) \%$. Z uvedených měření je zřejmé, že hodnoty měrného elektrického odporu a obsahu zbytkového austenitu jsou vzájemně úměrné.

p ř í k l a d použití

Mějme kroužek valivého ložiska, u kterého je třeba určit hodnotu obsahu zbytkového

austenitu. Na tomto kroužku byla změřena hodnota měrného elektrického odporu $35,7 \Omega \cdot m \cdot 10^{-8}$. Podle vynálezu byla na tomto kroužku určena hodnota obsahu zbytkového austenitu s použitím koeficientů lineární závislosti $a_0 = 25,8$ a $a_1 = 0,54$; $18,3$ %. rentgenograficky změřená hodnota obsahu zbytkového austenitu na témže kroužku byla $(19,0 \pm 3,8)$ %. U jiného kroužku byla změřena hodnota měrného elektrického odporu $43,7 \Omega \cdot m \cdot 10^{-8}$ a podle vynálezu určena hodnota obsahu zbytkového austenitu $40,2$ %. Rentgenograficky změřená hodnota obsahu zbytkového austenitu na témže kroužku byla $(37,3 \pm 5,6)$ %. Z uvedených příkladů je zřejmá velmi dobrá shoda výsledků stanovení obsahu zbytkového austenitu podle vynálezu a rentgenografickou metodou.

Závislost měrného elektrického odporu na obsahu zbytkového austenitu ložiskové oceli ČSN 41 4109 po tepelném zpracování je tedy s dobrou korelací lineární. Tuto závislost je možné použít jako cejchovní křivku pro stanovení obsahu zbytkového austenitu podle vynálezu. Postup stanovení obsahu zbytkového austenitu je následující: Na součásti z tepelně zpracované ložiskové oceli ČSN 41 4109 se změří měrný elektrický odpor a podle uvedené lineární závislosti určené koeficienty $a_0 = 25,8$ a $a_1 = 0,54$ se přiřadí zjištěné hodnotě měrného elektrického odporu hodnota obsahu zbytkového austenitu.

Pro výpočet měrného elektrického odporu z naměřených úbytků napětí je třeba přesně znát délku a průřez vodiče. V případě aplikace na kroužky valivých ložisek nebo na jiné součásti složitých průřezů toto může vést k složitým výpočtům. Proto je v některých případech jednodušší, zvláště máme-li např. k dispozici kroužky valivých ložisek též velikosti a tvaru se známým obsahem zbytkového austenitu (určenou jinou metodou např. rentgenografickou), určit cejchovní závislost nikoliv přímo pomocí hodnot měrného elektrického odporu, ale pomocí hodnot, které jsou měrnému elektrickému odporu pouze úměrné, například hodnot změřených úbytků napětí. Cejchovní křivka se pak sestaví nikoliv pro měrný elektrický odpor, ale pro úbytky napětí. Tento způsob se může uplatnit zvláště v těch případech, kdy stanovení měrného elektrického odporu vzhledem ke složitým průřezům činí potíže.

Vynález má velmi praktické použití. Lze jej například využít pro kontrolu obsahu zbytkového austenitu v hotových kroužcích valivých ložisek nebo v průběhu výroby, např. pro kontrolu tepelného zpracování. Lze jej také použít pro stanovení obsahu zbytkového austenitu součástí vyrobených z jiných ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou.

Podle vynálezu se dosahuje vyšších účinků, než u veškerých způsobů stanovení obsahu zbytkového austenitu pracujících na bázi magnetických měření, jejichž spolehlivost není vysoká. U těchto způsobů, jak již bylo uvedeno, je výsledek ovlivněn, změní-li se nějaká operace v sledu operací tepelného zpracování. Naproti tomu závislost měrného elektrického odporu ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou zejména tepelně zpracované ložiskové oceli na obsahu zbytkového austenitu se podstatnou měrou nemění se změnou jiných strukturních parametrů.

Způsob stanovení obsahu zbytkového austenitu podle vynálezu je nedestructivní, což je jeho předností oproti rentgenografickému způsobu anebo způsobu na principu Mössbauerova jevu.

Měření měrného elektrického odporu je velmi přesné. Jen málo technických veličin lze zjišťovat s takovou přesností, jako elektrický odpor. Kontrola součástí pomocí vodivosti se v polovodičové technice používá již řadu let. Měření vodivosti ocelových součástí se však k jiným účelům než studijním prozatím neprovádí a také se nevyužívá elektrické vodivosti jako kontrolní parametr. To je z důvodů, že úbytky napětí vznikající na ocelových součástech průchodem stejnosměrného proudu jsou velmi nízké. Dokud nebylo možné tyto velmi malé úbytky napětí s dostatečnou přesností měřit, nebylo možné použít vodivost jako kontrolní parametr. Dnes však díky vyspělé elektronice toto nečiní problém.

Způsob zjišťování obsahu zbytkového austenitu podle vynálezu je navíc velmi rychlý. Operace umístění vzorku v držáku, zapnutí proudu a odečtu hodnot úbytků napětí trvají řádově

sekundy. Způsob by bylo možné také zautomatizovat a použít tak ve výrobních závodech pro stoprocentní kontrolu výrobků. Automatizací a vyloučením lidského faktoru lze měření obsahu zbytkového austenitu ještě více zrychlit, takže po stránce dosažených účinků je způsob stanovení obsahu zbytkového austenitu podle vynálezu oproti jiným známým a dosud používaným způsobům zcela bez konkurence.

P R Ě D M Ě T V Y N Ā L E Z U

Způsob zjišťování obsahu zbytkového austenitu součástí vyrobených z ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou, zejména tepelně zpracované ložiskové oceli, založený na měření elektrického odporu, vyznačující se tím, že se na součásti změří měrný elektrický odpor nebo hodnota úměrná měrnému elektrickému odporu a podle zjištěné závislosti měrného elektrického odporu na obsahu zbytkového austenitu ocelí s austeniticko-martenzitickou strukturou se změřené hodnotě měrného elektrického odporu buď přímo přiřadí příslušná hodnota obsahu zbytkového austenitu nebo se tato hodnota obsahu zbytkového austenitu přiřadí hodnotě úměrné měrnému elektrickému odporu na základě cejchovní křivky určené pomocí několika etalonových součástí týchž rozměrů a tvaru se známým obsahem zbytkového austenitu.