

ISOTHERMAL HEAT TREATMENT

IZOTERMICKÉ TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Učeň M., Filípek J.

Ústav základů techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: m.ucen@seznam.cz

ABSTRACT

Isothermal heat treatment assembling from warming-up on temperature austenitization, tenacity upon this temperature and fall of temperature on temperature austenite transformation. At tenacity depending on those constant temperature near eutectoid steels austenite break up on pearlite (isothermal annealing), bainite (isothermal refinement) or martensite (marquenching). In presentation is dynamically illustration rise austenite and his resulting break up. Programme be formed by the help of clip, which represent production process, diagram and himself textures, completion for comparison photographs real textures behind ambient temperature.

Keywords: transformation, struktrure, animation

ABSTRAKT

Izotermické tepelné zpracování oceli se skládá z ohřevu na teplotu austenitizace, výdrže na této teplotě a ochlazení na teplotu transformace austenitu. Při výdrži se v závislosti na této konstantní teplotě u eutektoidní oceli austenit rozpadne na perlit (izotermické žhání), bainit (izotermické zušlechťování) nebo martenzit (termální kalení). V prezentaci je dynamicky znázorněn vznik austenitu a jeho následný rozpad. Program je vytvořený pomocí klipů, které znázorňují technologický postup, diagramy a samotnou strukturu, doplněnou pro porovnání fotografií skutečné struktury za teploty okolí.

Klíčová slova: transformace, struktura, animace

ÚVOD

Nejpoužívanějšími kovovými materiály v technické praxi jsou slitiny železa. Železo je polymorfní kov, existuje ve dvou krystalických modifikacích. Fe_γ má krychlovou plošně středěnou mřížku, stabilní je v rozmezí teplot 910 – 1392 °C. Fe_α má krychlovou prostorově

středěnou mřížku, je stále pod teplotou 910 °C a v rozmezí 1392 – 1539 °C, kdy se označuje jako Fe₈.

Multimediální program „Izotermické tepelné zpracování“, vytvořené v programu Flash MX názorně ukazuje průběh tepelného zpracování a změny struktury u eutektoidní oceli.

FÁZOVÉ PŘEMĚNY EUTEKTOIDNÍ OCELI

V prezentaci „Izotermické tepelné zpracování oceli.exe“ je modelována austenitizace eutektoidní oceli s následnou perlitickou, bainitickou a martenzitickou přeměnou.

Austenitizace

Eutektoidní ocel je tvořena perlitem, který se skládá z lamel feritu a cementitu. Základním úkonem tepelného zpracování oceli je ohřev nad kritickou teplotu A₁ a přeměna výchozí feriticko cementitické struktury na strukturu austenitickou. Při tvorbě animace byly respektovány následující principy:

- zárodky austenitu vznikají po inkubační době přednostně na hranici mezi feritem a cementitem, Zárodky se tvoří postupně,
- austenit roste nejrychleji ve směru rozhraní ferit – cementit, přeměna feritu na austenit probíhá rychleji než rozpouštění cementitu,
- po skončené transformaci je austenit chemicky nehomogenní. V oblastech, kde se původně nacházel ferit, je obsah uhlíku nižší, naopak v místech, kde byly lamelky cementitu, má austenit vyšší obsah uhlíku. Během výdrže na teplotě dochází k postupné homogenizaci austenitu, tedy k vyrovnání chemického složení,
- setrváváme-li na teplotě i nadále, dochází k růstu austenitického zrna. Velká zrna se zpravidla stávají ještě většími, kdežto malá zrna se zmenšují až zaniknou. Zrna s vydutými hranicemi rostou, kdežto zrna s vypuklými hranicemi se zmenšují.

V prezentaci je austenit znázorněn zeleně, ferit má žlutou a cementit modrou barvu.

Perlitická přeměna

Při rychlém ochlazení eutektoidní oceli na teplotu 600 °C se během výdrže na teplotě začne přechlazený austenit rozpadat na lamelární perlit. Pro tuto práci byl zvolen model podle Hulla a Mehla:

- tvorba perlitu začíná po inkubační době na hranici austenitického zrna vznikem destičky cementitu. Austenit v bezprostředním okolí se ochudí o uhlík a v dalším okamžiku

vzniknou dvě lamelky feritu. To vede k obohacení sousedního austenitu uhlíkem a tím k tvorbě lamel cementitu,

- lamelky feritu a cementitu se navzájem omezují v bočním růstu, a rostou proto jen do délky,
- v průběhu perlitické přeměny postupně vznikají další zárodky cementitu a feritu, které se stávají základem nových perlitických kolonií. Z původního austenitu se proto vytvoří několik zrn perlitu. Nové zárodky nukleují nejen na hranici austenitu, ale i na existujících lamelkách feritu a cementitu
- střetnou-li se perlitické kolonie, jejich vzájemná hranice se dál nepohybuje,
- perlitická přeměna probíhá do konce.

Na počátku perlitické přeměny se v základní vrstvě nacházejí zrna austenitu vytvořená předchozí prezentací. Ve spodní vrstvě je zakreslena výsledná struktura perlitu (tj. lamely feritu a cementitu). V průběhu animace se základní vrstva postupně odkrývá a tím se vytváří zdání růstu perlitu.

Bainitická přeměna

Produktem rozpadu austenitu za teploty 350 °C je nerovnovážná směs přesyceného feritu a cementitu - bainit. Modelování bainitické přeměny vychází z následujících zásad:

- na hranici austenitického zrna po určité prodlevě vznikne zárodek přesyceného feritu. Ten dále roste do délky i do šířky a v rovině metalografického výbrusu má podobu jehlice,
- na přechodu mezi feritem a austenitem se zvýší obsah uhlíku a začnou se zde shlukovat drobné částice cementitu, které se dále nepohybují a jsou obtékány rostoucím feritem,
- v průběhu přeměny vznikají na hranicích zrn austenitu i na už existujících jehlicích feritu další zárodky feritu.
- Narazí-li na sebe dvě struktury bainitu, jejich společná hranice se dále nepohybuje, ale bainit roste dál do oblasti austenitu,
- bainitická přeměna neprobíhá do konce, ve struktuře zůstává část zbytkového austenitu.

V základní vrstvě jsou zeleně zbarvená zrna austenitu, která se nemění. Ve výše umístěných samostatných vrstvách vznikají a rostou žluté zárodky bainitického feritu. Modré částice cementitu byly vytvořeny pomocí klipů, kdy je možno jednu vytvořenou animaci opakovaně vkládat na různá místa.

Martenzitická přeměna

Martenzit je přesycený tuhý roztok uhlíku v Fe_α , vzniklý zakalením oceli. Morfologie vzniku martenzitu je nejméně prozkoumána, protože transformace austenitu na martenzit probíhá rychlostí zvuku v kovech. Při vlastní animaci jsme vycházeli z těchto předpokladů:

- jehlice martenzitu vznikají na hranicích austenitického zrna jen v průběhu rychlého ochlazování mezi teplotami M_s a M_f ,
- jakmile je ochlazování přerušeno, přeměna se zastaví. Jestliže se obnoví ochlazování, opět se tvoří martenzit, ale vznikne ho méně než při nepřetržitém ochlazování,
- martenzitická přeměna neprobíhá do konce, ve struktuře kromě martenzitu zůstává i část zbytkového austenitu.

Základem jsou zelená zrna austenitu. Ve výše položených samostatných vrstvách vznikají fialové zárodky martenzitu, které rostou ve formě jehlic.

TECHNOLOGICKÝ POSTUP TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ

V prezentaci je zahrnuto izotermické žíhání, izotermické zušlechťování a izotermické kalení. Počáteční průběh tepelného zpracování je u všech tří způsobů totožný (ohřev součástí v peci na teplotu 850°C a výdrž na teplotě, během které nastává austenitizace oceli). Další postup tepelného zpracování je už odlišný:

- **izotermické žíhání** - ochlazení proudem vzduchu, vložení do předehřáté pece o teplotě 600°C , výdrž, během které probíhá perlitická přeměna, dochlazení na vzduchu,
- **izotermické zušlechťování** – ponoření součásti do roztavené solné lázně o teplotě 350°C , výdrž, při níž se uskuteční bainitická přeměna, dochlazení na vzduchu,
- **izotermické kalení** – ponoření součásti do roztavené solné lázně o teplotě o teplotě 350°C , krátká výdrž na teplotě a dochlazení na vzduchu, během kterého proběhne martenzitická přeměna.

Tyto prezentace využívají několik samostatně vytvořených klipů:

- přesun strojní součásti do ohřívací pece, změna její barvy v závislosti na dosažené teplotě, přenesení do solné lázně nebo na odkládací stůl, činnost ventilátoru,
- pohyb příslušných bodů v diagramu $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$, v austenitizačním diagramu a v diagramu IRA,
- animace strukturních změn (austenitizace, perlitická, bainitická a martenzitická přeměna),
- fotografie skutečných mikrostruktur.

Tyto klipy jsou načasovány tak, aby plynule z několika pohledů znázorňovaly průběh jednotlivých způsobů tepelného zpracování oceli.

ZÁVĚR

Předložený multimediální program názorně zachycuje technologický postup tepelného zpracování i fázové přeměny v eutektoidních ocelích. Je využitelný jak ve výuce nauky o materiálu, tak i v technické praxi. Pro porovnání obsahuje nejen animace průběhu tepelného zpracování, ale i fotografie skutečných mikrostruktur.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Filípek, J.: Technické materiály, VŠZ Brno 1988, s. 196, ISBN 55-905-89.

Fotr, J.: Flash MX, Computer Press Praha 2002, s. 355, ISBN 80-7226-677-2.

Ptáček, L. a kol.: Nauka o materiálu II, CERM Brno 1999, s. 350, ISBN 80-7204-130-4.

Píšek, F., Jeníček, L., Ryš, P.: Nauka o materiálu I – obecná nauka o kovech, II. rozšíř. a přeprac. vydání Praha, Academia 1966, s. 632, ISBN nemá.

Schumann, H.: Metallographie, XII vyd., Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig 1988, s. 608, ISBN 3-342-00009-0.

Ashby, M., Jones, D.: Engineering Materials 2, Department of Engineering, Cambridge University, England 2001, s. 381, ISBN 0 7506 4019 7.

Lachtin, M., Leontieva, V.: Materialovedenie, Mašinstroenie Moskva 1980, s. 488, ISBN nemá.

Hyspecká, L.: Teorie tepelného zpracování, VŠB Ostrava 1975, s. 165, ISBN nemá.

Fiala, J., Mentl, V., Šutta, P.: Struktura a vlastnosti materiálů, Academia Praha 2003, s. 572, ISBN 80-200-1223-0.

Šejnoha, R.: Teorie tepelného zpracování, VŠB Ostrava 1971, s. 217, ISBN nemá.

Příspěvek vznikl za podpory grantu FRVŠ F1 149/2004