

Oponentský posudek na doktorskou disertační práci RNDr. Pavla Zháňala: Study of Phase Transformations in Ti Alloys

Popisná část

Disertační práce RNDr. Zháňala „Study of Phase Transformations in Ti Alloys“ se zabývá především kinetikou růstu a rozpouštění omega a alfa fází v metastabilních beta titanových slitinách, zejména Ti-15Mo.

Práce je rozdělena do 5 kapitol. V teoretickém úvodu a přehledu literatury podává autor informaci o studovaném materiálu – titanových slitinách. Přehledným způsobem shrnuje aplikační sféru Ti slitin, možné rovnovážné a metastabilní fáze ve slitinách titanu, klasifikaci Ti slitin a zejména fázové transformace v těchto slitinách.

Druhá kapitola definuje cíle dizertační práce, přičemž jako hlavní cíl uvádí detekci a charakterizaci fázových transformací v metastabilních beta titanových slitinách (především v Ti-15Mo) v průběhu tepelného zpracování.

Tento cíl je dle autora rozdělen na konkrétní úkoly, kterými jsou:

- Detekce a charakterizace fázových transformací v metastabilních beta titanových slitinách několika experimentálními technikami,
- Úplná charakterizace fázových transformací dodatečnými přímými experimentálními metodami, např. TEM, XRD, ND.
- Určení vývoje individuálních fází během zahřívání.
- Srovnání výsledků získaných různými experimentálními technikami a vysvětlení rozdílů.

Třetí kapitola popisuje nejprve šest titanových slitin, které byly zkoumány, a též přípravu monokrystalických vzorků. Poté popisuje experimentální techniky použité pro charakterizaci slitin: měření rezistivity, dilatometrii, difrakci rtg záření, transmisní elektronovou mikroskopií a neutronovou difrakci.

Jádrem práce je popis získaných experimentálních výsledků a jejich zevrubná diskuse v kapitole č. 4.

Poslední kapitola shrnuje závěry plynoucí z uvedené práce.

Práce má i několik dodatků, které popisují parciální výsledky měření rezistivity u několika slitin, a také mapují reciprokový prostor pro fáze beta, omega a alfa, což je použito při vyhodnocení experimentu na synchrotronu. Poslední dodatek obsahuje záznam in-situ synchrotronového experimentu na Ti-15Mo slitině.

Hodnotící část

Aktuálnost řešeného tématu, případné aplikace výsledků v praxi

Zvolené téma dizertační práce je zcela jistě aktuální pro další vývoj poznatků v oboru titanových slitin.

Aplikační potenciál Ti-slitin, které jsou korozivzdorným materiálem s nízkou hustotou a vysokou pevností, je obrovský (letecký a kosmický průmysl, automobilový průmysl, loďářství, medicína), a proto se jedná i o téma velice úzce spojené se strojírenstvím, případně medicínou.

Zásadní pro mechanické vlastnosti Ti-slitin je legování některými prvky, které podstatně ovlivňuje fázové složení, mimo jiné i formování metastabilní omega fáze a též alfa fáze. Tyto dvě fáze a jejich vývoj při zvýšených teplotách byly objektem výzkumu, který je popisován v dizertační práci.

Proto shledávám zvolené téma jako velmi vhodný a aktuální směr materiálového výzkumu.

Použité metody a postupy

Autor ve své práci popisuje použitý experimentální materiál, včetně výroby monokrystalického vzorku. Je deklarováno, že studovanými materiály bylo celkem 6 různých slitin s různým aplikačním potenciálem. Bylo by vhodné též zmínit, proč byly vybrány dané slitiny (například kvůli srovnání jejich struktur a mikrostruktur, nebo kvůli srovnání vlastností s předchozími variantami Ti slitin apod.).

Poté autor popisuje použité experimentální metody: měření elektrického odporu, dilatometrii, difrakci rtg záření (XRD), transmisní elektronovou mikroskopii a neutronovou difrakci (ND). Tato sada experimentálních metod je pro daný typ materiálů bezpochyby velmi vhodná a to i z důvodu jejich komplementarity a možnosti *in situ* měření za zvýšených teplot.

Jak vyplývá z dalších částí práce, byly stěžejními technikami metody měření elektrického odporu a difrakce synchrotronového záření. Z toho důvodu by bylo vhodné, aby popis metody měření elektrického odporu obsahoval i popis fyzikálních procesů, které se mohou skrývat za měřenými jevy, tedy procesů, které mohou způsobovat změnu odporu se změnou teploty. Tento popis chybí a příslušná sekce se omezuje pouze na technický popis (jistě též důležitý) měřicího aparátu. Obdobně je tomu i u dilatometrie.

U popisu principů difrakce rtg záření existuje značné množství nepřesností. Tato sekce mohla být lépe zpracována. Seznam nedostatků, které by mohly být pro čtenáře zavádějící, uvádím v příloze (komentáře v příloze jsou pouze konstatováním faktů a nepředpokládám jejich diskusi).

Výsledky práce (a které z nich lze považovat za nové vědecké poznatky)

Mezi hlavní výsledky dizertační práce je možno zařadit:

1. Modelování mřížky v recipročním prostoru pro monokrystal Ti-15Mo i se zahrnutím velikosti a anizometrie precipitující fáze.
2. Modelování a fitování tvaru difrakčních maxim pro experiment difrakce synchrotronového záření na monokrystalu s výsledným odhadem vývoje frakčního objemu.
3. Vývoj frakčního objemu omega, alfa a beta fází s teplotou u polykrystalu Ti-15Mo získaný *in situ* práškovou neutronovou difrakcí.
4. Zjištění, že u všech krystalografických variant dané fáze dochází k stejnému vývoji s teplotou a tedy žádná není preferována.
5. Vývoj elektrického odporu na teplotě vykazuje oblasti poklesu, které autor zkouší kvalitativně (nikoliv však kvantitativně) interpretovat.
6. Vývoj tepelné roztažnosti materiálu v závislosti na teplotě vykazuje zajímavé oblasti (i smršťování), které autor zkouší kvalitativně (nikoliv však kvantitativně) interpretovat.
7. Ověření orientačních vztahů mezi omega a beta mřížkami.

8. Určení, který z možných orientačních vztahů nastává mezi alfa a beta fázemi.
9. Určení tvaru částic omega fáze z ex-situ TEM experimentu.
10. Určení kinetiky růstu alfa fáze na 450°C z ND experimentu.

Jako nový výsledek lze označit ve výše uvedeném seznamu položky 1, 2, 3, 5, 6 a 10. Ostatní body jsou buď potvrzením předchozích poznatků (7, 8, 9), což je však také důležité pro další vývoj Ti slitin, anebo jde o předpokládaný výsledek plynoucí ze symetrie (4).

Na druhou stranu v závěru deklarovaný výsledek „*Relative changes of the size of omega particles ... during heating was determined by XRD*“ není v práci reportován a proto není možno určit, zdali je podložen.

Kvalita formálního zpracování práce

Formální členění obsahu v práci je v pořádku, nicméně detailní zpracování jednotlivých kapitol práce mohlo být dle mne kvalitnější. Práci lze vyčíst následující body:

- a) Chybí detailnější popis fyzikálních procesů, které se mohou skrývat za některými měřenými jevy (dilatometrie, rezistivita).
- b) Popis techniky „X-ray diffraction“ má nedostatky (viz příloha).
- c) Existence pouze kvalitativní analýzy u některých technik (rezistometrie, dilatometrie). Kvantitativní analýza nebyla provedena. Mělo by být uvedeno proč.
- d) Interpretace procesů ve studovaném materiálu je vytvořena již v průběhu prezentace prvních parciálních výsledků (konkrétně rezistivity). To diskusi ochuzuje o rozbor možných alternativních hypotéz pro sledované jevy a jejich validity či nesprávnosti. Je to zřejmě dáno postupem získávání experimentálních dat (kdy data z rezistivity lze získat snadněji a rychleji nežli synchrotronová data) a lze to pochopit, nicméně podrobnější vysvětlení odmítnutí alternativních hypotéz (či dokonce separátní prezentace výsledků a jejich diskuse) by dle mého názoru práci prospělo.

Význam práce pro další rozvoj vědního oboru

Práce ověřila, že pro interpretaci jevů pozorovaných při výzkumu Ti slitin je prospěšné využívat kombinaci dat z komplementárních technik.

Použití difrakčních metod přineslo kvantitativní určení objemových podílů jednotlivých fází *in situ* za zvýšených teplot v průběhu zvyšování teploty či stárnutí slitiny Ti-15Mo při zvýšených teplotách. Navíc se jak v případě synchrotronového měření, tak i v případě ND jednalo o získání informace z velkého objemu vzorku a tedy statisticky velmi relevantní. *In situ* sledování vývoje fází není zatíženo případnými změnami mikrostruktury během ochlazování, k nimž bezpochyby u metastabilních β Ti slitin dochází díky vzniku precipitátů ω_{ath} . To přináší nové možnosti pro studium daných slitin při zvýšených teplotách odpovídajících teplotám jejich tepelného zpracování či provozu.

Práce ukázala, že jak rezistometrie, tak i dilatometrie zobrazují změny ve struktuře a mikrostruktuře Ti slitin, například fázové transformace. Na kvantitativní interpretaci těchto změn je však nutno ještě intenzivně pracovat, například právě s využitím *in situ* výsledků z difrakčních technik.

Výsledky práce je v oboru Ti-slitin možno využít při optimalizaci struktury a mikrostruktury pro dané konkrétní aplikační využití.

Přednosti a nedostatky

Značný rozsah experimentálních výsledků, které byly během práce shromážděny, ukazuje na vysokou zručnost autora při jejich získávání. Záběr použitých technik pro charakterizaci slitin studovaných v dizertační práci je velmi široký (dilatometrie, rezistometrie, elektronová mikroskopie, difrakce synchrotronového i neutronového záření). Jejich zvládnutí svědčí o schopnostech autora používat široké spektrum experimentálních technik nezbytných pro dosažení cílů práce.

Velkým pozitivem práce je modelování 3D účinného průřezu z monokrystalu Ti-15Mo slitiny v reciprokém prostoru i se zahrnutím rozšíření reflexí v důsledku velikosti anizometrických precipitátů. Protože v práci není řečeno jinak (není zde odkaz na použitý počítačový program), je pravděpodobné, že i software pro toto modelování bylo vytvořeno autorem dizertace, což je významný počin.

Obdobně je značným přínosem pokus o modelování a fitování tvarů reflexí ze synchrotronového experimentu pocházejících z anizometrických omega precipitátů. Fit byl použit k odhadu frakčního objemu precipitátů. Je však škoda, že není reportován vývoj velikosti precipitátů s teplotou, který též musel být výsledkem fitu.

K dizertační práci mám dosti terminologických, formulačních a podobných poznámek, které mohou být případně využity v další práci v dané oblasti. Ty přikládám v příloze. Komentáře v příloze jsou pouze konstatováními a nepředpokládám jejich diskusi, pokud sám autor nebude cítit potřebu se k nim vyjádřit.

V následujících odstavcích však předkládám autorovi k vyjádření několik komentářů a dotazů, které považuji za podstatné:

1.

Bylo studováno několik metastabilních Ti slitin (viz str. 27). Existuje nějaký důvod pro srovnání struktur a mikrostruktur či fyzikálních vlastností právě těchto slitin? Nebo jde jen o náhodně zvolenou sadu slitin pro různé (potenciální) aplikace?

2.

Z textu dizertace se zdá, že v zadané oblasti IV teplotní závislosti odporu Ti-15Mo (560 - 730°C, viz str. 46) je za vzrůst odporu zodpovědný růst alfa fáze. Nicméně není vidět téměř žádná změna trendu ani v bodě, kdy objem alfa přestává vzrůstat a začíná klesat (viz obr. 4.33, 4.37), a ani v bodě beta-transu.

Aby bylo možno oddělit a kvantifikovat vliv vzniku, růstu a rozpouštění alfa fáze na křivku rezistivity, bylo by potřeba kvantifikovat vzrůst odporu z důvodu elektron-fononové interakce. Obdobně je tomu i v dalších oblastech teplotní závislosti rezistivity (viz např. odlišnosti

v průběhu rezistivity a povrchu omega precipitátů v počáteční fázi do 350°C na obr. 4.36 na str. 86).

Lze v principu kvantifikovat vliv elektron-fononové interakce (která, předpokládám, monotonně stoupá se vzrůstající teplotou), ale i dalších možných efektů (vzrůst povrchu precipitátů, elastická deformační pole atd.), na teplotní závislost rezistivity? Pomohlo by to lepšímu - tedy kvantitativnímu - vyhodnocení teplotní závislosti rezistivity, jejíž celková křivka se může skládat z několika protichůdných efektů.

3.

Na str. 74 autor uvádí: *“Unfortunately, we were not able to determine the change of lattice parameters”*. To je zajímavé konstatování, neboť *in-situ* synchrotronový experiment se zdá být ideálním nástrojem pro určení teplotní závislosti mřížových parametrů všech viditelných fází. Mohl by též pomoci s interpretací výsledků dilatometrických měření (protože je možno určit velikost krystalografické buňky jednotlivých fází).

Protože evidentně byla fitována difrakční maxima (i když nesplňují přesně Braggovu podmínku) kvůli určení vývoje frakčního objemu (obr. 4.25), musela být vedlejším produktem fitu i poloha středu reflexe alespoň podél Ewaldovy sféry, a tudíž i dobrá aproximace mřížového parametru.

Pokud opravdu nešlo z nějakého důvodu použít synchrotronových dat k zjištění vývoje mřížových parametrů monokrystalu s teplotou s dostatečnou přesností, jistě bylo k tomuto účelu možno využít dat z práškové neutronové difrakce.

Nešlo též pro určení parametrů mřížky využít stejných postupů, jaké byly použity pro zjištění mřížkových parametrů a misfitu monokrystalu Ti slitiny použity v dizertační práci Šmilauarová, PhD thesis, 2017, MFF UK? V ní bylo například určeno pro LCB slitinu, že *„the lattice parameters of the omega phase are larger than their ideal values“*. Takováto či podobná zjištění by pomohla s interpretací dilatometrických výsledků.

4.

Pro nižší rychlost ohřívání (1.9°C/min, str. 83, obr. 4.27a) je reportována z ND dat koexistence omega a alfa fází.

Ani pro vyšší rychlost ohřívání (5°C/min, str. 77) zřejmě nelze z ND dat s jistotou vyloučit koexistenci těchto fází v jistém teplotním rozsahu.

Podíváme-li se totiž na omega reflexi (11.1) na obr. 4.29a, pak na pokojové teplotě na začátku *in-situ* experimentu ji není vidět, přestože v materiálu je 38% omega fáze (viz str. 76). Je to kvůli velikosti precipitátů omega fáze, jež je v řádu nanometrů, a tudíž způsobuje obrovské rozšíření difrakčního profilu.

Pokud však to samé (tj. velikost několik nanometrů) nastává i u alfa fáze např. na teplotě 530°C, a pokud navíc alfa fáze je přítomno mnohem méně, např. jen pár procent (na str. 77 je deklarováno maximum objemu alfa na vyšší teplotě 663°C jen 10%), pak takové precipitáty alfa fáze zřejmě nelze neutronovou difrakcí detekovat. Nebo lze nějakou velmi detailní analýzou vývoje ND dat s teplotou vyloučit existenci malého množství alfa precipitátů nanometrické velikosti?

Na str. 46 autor uvádí z literatury příklad, že precipitáty omega_{iso} mohou v některých Ti slitinách sloužit jako nukleační místa právě pro vznik velice jemných alfa precipitátů, tzv. alfa-nano.

Lze vyloučit nukleaci alfa-nano precipitátů na omega_{iso} z jiných použitých technik než z ND?

5.

Na str. 93 autor uvádí: *“The reduction of lattice parameters of beta and omega phases around 330°C is manifested macroscopically by the reduction of material length (negative linear thermal expansion coefficient) with increasing temperature.”*

Toto je velmi silné tvrzení. Z čeho je usuzováno na zmenšování mřížových parametrů jak beta, tak i omega fází se vzrůstající teplotou okolo 330°C? Z tvrzení na str. 74 *„Unfortunately, we were not able to determine the change of lattice parameters“* vyplývá, že mřížkové parametry nebyly zjištěny difrakčními technikami.

Dále je zřejmé (obr. 4.33), že v teplotní oblasti 300-400°C silně vzrůstá objem omega fáze. Proč není spíše tento vzrůst a případný misfit mřížových parametrů dán do souvislosti s výsledkem dilatometrického měření?

Závěr

Závěrem lze říci, že autor

- prokázal teoretické i experimentální znalosti a dovednosti nutné k samostatné vědecké práci v oboru materiálový výzkum,
- získal znalosti v oblasti modelování dat,
- zvládl interpretaci naměřených dat,
- během práce na disertaci průběžně publikoval výsledky dosažené při experimentech v mezinárodních vědeckých časopisech.

Prezentovaná disertační práce tedy prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci.

Disertační práce splnila vytčené cíle a její autor prokázal schopnost samostatné vědecké práce. Práce obsahuje publikované a vědecky přínosné výsledky. Proto v případě dostatečného zodpovězení dotazů doporučuji práci k obhajobě a doporučuji autorovi udělit vědeckou hodnost Ph.D.

V Řeži dne 03.09.2018

RNDr. Pavel Strunz, CSc.
Ústav jaderné fyziky AV ČR v. v. i.
250 68 Husinec - Řež

Příloha

Terminologické, formulační a další poznámky (není předpokládána jejich diskuse):

Str. 27

3. Material and experimental techniques

3.1 Material

... Brief description and of each alloy follows.

Zřejmě chybí ve větě slovo nebo je tam "and" navíc.

Str. 27

Phase transformations in these materials were investigated by electrical resistance and complemented by dilatometry, TER, XRD and ND.

Z dalšího textu vyplývá, že TER je TEM (překlep)

Str. 27

Further investigations by dilatometry, transmission electron microscopy, X-ray and neutron diffractions were carried out on Ti-15Mo alloy. It is a simple binary metastable alloy, which exhibits variety of phase transformations.

Formulační neobratnost: Ti-15Mo je zkoumaná zhruba stejnými technikami jako uvedeno o větu výše. Zde je zmíněna bezdůvodně znovu separátně, i když je uvedena mezi ostatními slitinami na začátku odstavce.

Str. 30

Thus, the resistance of the voltmeter leads and contacts does affect measured value.

Spíše „does not affect“

Str. 31

3.3 Dilatometry

Thermal expansion of the material was studied utilizing Linseis L75 PT vertical dilatometer, which has a dual measuring system (see Fig. 3.4). The apparatus allows to measure length changes of a sample ...

Je dobré uvádět přesnost přístroje.

Str. 33, sekce „3.4 X-ray diffraction“

When X-rays propagate through a material, the following processes are considered as diffraction [9]:

- Coherent scattering.
- Incoherent (Compton) scattering.
- Absorption of the x-rays.

Absorpce nemůže být považována za difrakci. Za difrakci není považován ani nekoherentní rozptyl, neboť spolu odražené vlny neinterferují.

Str. 33

- Incoherent (Compton) scattering. The wavelength of the scattered beam increases due to partial loss of photon energy in collisions with core electrons (the Compton effect).

Dle úvodu odstavce je popisován nekoherentní rozptyl, ale popis v následující větě se týká rozptylu neelastického. Zřejmě jsou chybně zaměněny termíny neelastický a nekoherentní.

Str. 33

• Absorption of the x-rays. Some photons are dissipated in random directions due to scattering, and some photons lose their energy by ejecting electron(s) from an atom and/or due to the photoelectric effect.

Dle úvodu odstavce je popisována absorpce. Ale popis v následující větě se týká pouze částečně jevu absorpce. V první části se týká i rozptylu, který za absorpci nemůže být považován. Lepší souhrnný výraz by zřejmě byl „beam attenuation“.

Str. 33

Thus, in the first approximation only coherent scattering results in the diffraction from periodic lattices.

Difrakce je koherentní (a elastický) rozptyl již z definice, tudíž slova „in the first approximation“ jsou nesprávná, neměla by ve větě být.

Str. 33

Thus, the kinematical theory of diffraction is based on the assumption that the interaction of the diffracted beam with the crystal is negligible, which requires the following assumptions [9]:

1. Crystal consists of individual crystallites, which are slightly misaligned with respect to each other.
2. The size of the crystallites is small.
3. The misalignment of the crystallites is large enough, so that the interaction of x-rays with matter at the length scale exceeding the size of mosaic blocks is negligible.

V předpokladu 1. by měl být psán „at least slightly misaligned“ (viz text předpokladu 3. Pokud termín „mosaic block“ (není však definován) znamená to samé, co „crystallites“, pak předpoklad 3 pokrývá předpoklad 2.

Str. 34, obr. 3.6a

Písmeno „q“ je zřejmě na místech, kde by mělo být písmeno „ θ “. To je matoucí, neboť „q“ bývá v difrakci často používáno pro označení rozptylového vektoru či jeho velikosti.

Str. 34., Obr. 3.6b

Popis horizontální osy schématu difraktogramu „q“: Obvykle je jako nezávislá proměnná používáno v difraktogramech 2θ . Může být použita i velikost rozptylového vektoru, která je někdy označována „q“, ale pak musí být tak v textu definována. V textu definována není, navíc v obrázcích 3.7 je označována S/λ a v obrázku 3.8 je označována s/λ (avšak ani v jednom z případů to není definováno v textu jako rozptylový vektor či „momentum transfer“). Mělo být sjednoceno a zdefinováno. Navíc je na str. 71 rozptylový vektor označen Q.

Str. 34.

Initial points of both incident beam vector S_0/λ and diffracted beam vector S/λ are at the center of the sphere and end at points O and P, respectively. The vector from O to P is the reciprocal lattice vector perpendicular to the crystal planes, which can be calculated as $(S - S_0)/\lambda$.

Lépe používat konkrétní ustálený termín „wavevector“ než jen velmi obecné „vector“. Tedy „incident beam wavevector“ a „diffracted beam wavevector“.

Zároveň (protože termín je pak používán na str. 35) by bylo vhodné, aby zde byl definován i termín „diffraction vector“.

Str. 35, Obr. 3.7

hkl a σ nejsou zadefinovány. Přitom by mohly být jednoduše definovány na str. 34. Hvězdička u symbolu O není vysvětlena. Je to asi počátek reciprokého prostoru, ale v popisu na straně 34 je odkazováno na bod O , nikoliv O^* .

Str., 35

In a powder diffraction, for a fixed energy of X-ray (or wavelength $E = hc/\lambda$), the diffracted beam takes all directions at a 2θ angle from the incident beam direction (see Fig. 3.8).

Podstatně přesnější a vysvětlující by bylo „In a powder diffraction, for a fixed energy of X-ray (or wavelength connected with energy by the relation $E = hc/\lambda$), the diffracted beam takes all directions at a 2θ angle from the incident beam direction (see Fig. 3.8) due to the orientation of crystallites in all directions.“

Str. 40

3.6 Neutron diffraction

On the other hand, the main advantages of neutron diffraction are a large penetration depth, no radiation damage, the high sensitivity to light atoms and the ability to distinguish isotopes.

Pokud autor zmiňuje citlivost k lehkým prvkům a schopnost rozlišit izotopy, pak by bylo vhodné zmínit též vhodnost pro výzkum magnetických struktur a citlivost k rozlišení prvků s velmi blízkým atomovým číslem (např. Ti-Cr nebo Cr-Fe nebo V-Cr či V-Ti, kteréžto kombinace se v některých studovných slitinách vyskytují).

Str. 49 a Obr. 4.6

The dependence of electrical resistance on temperature of all studied metastable beta alloys exhibits temperature regions in which the resistance increases with increasing temperature.

Toto není překvapivé. Zajímavější jsou oblasti s poklesem odporu se vzrůstající teplotou. Zřejmě chybná formulace.

Str. 59

The absence of alpha phase in the sample quenched from 550°C proves that alpha phase does not precipitate during heating between 365 and 560°C with the heating rate of $5^\circ\text{C}/\text{min}$.

Kvůli přesnosti je nutné toto tvrzení opravit: „between 365 and 550°C “. Protože se jedná o velmi ostré minimum a ostré poklesy koeficientu tepelné roztažnosti, je i 10°C významný rozdíl. (Navíc by bylo u měření vhodné uvádět odhadovanou chybu v měření teploty materiálu.)

Str. 64 a obr. 4.16.

4.5 Synchrotron X-ray diffraction

... Beta phase reflections are broadened due to several effects including e.g. instrumental contributions and crystal imperfections.

Příspěvek přístroje (difraktometru) k rozšíření difrakčního maxima by neměl být připisován k bodům recipročné mřížky studovaného krystalu, neboť nemá co dělat se studovaným materiálem samotným. (Měl by být připisován k „rozmazání“ povrchu Ewaldovy sféry.)

Str. 71

Considering a random-phase approximation, where the waves from various particles do not interfere:

To je celkem silný předpoklad, pokud uvážíme, že systém částic je velmi hustý (viz obr. 4.10, 4.11, 4.12) a deklarovaný frakční objem (str. 75) 65% (na počátku in-situ experiment byl fr. objem 38% - str. 76). Nicméně je jasné, že zahrnutí mezičásticové interference by byl řádově obtížnější úkol.

Str. 72

... fitted with the equation 4.4 utilizing the least squares method.

Je obvyklé ukázat výsledek alespoň jednoho fitu a explicitně napsat, jaké parametry byly fitovány.

Str. 73

The calculation of volume fraction is greatly affected by a size of omega particles, therefore the determined values represent rather coarsening of omega particles coupled with increase of volume fraction, than just volume fraction itself.

Pokud byl fit proveden s volným parametrem velikosti částic, „coarsening“ by již mělo být pokryto separátně a výsledkem fitu by měl být čistý frakční objem.

Str. 75 a Obr. 4.27, 4.29, 4.31

4.6 Neutron diffraction

All measured results are displayed at the same logarithmic scale to allow their direct comparison.

Vhodnější pro zobrazení by byla škála ukazující slabé reflexe omega a alfa fází v kritické oblasti kolem 560°C.

Str. 75 a Obr. 4.28, 4.30, 4.32

Four selected diffraction patterns from each measurement are presented in Figs. 4.28, 4.30 and 4.32.

Bylo by dobré také ukázat difraktogram zaznamenaný v kritické oblasti před vymizením omega fáze – kvůli posouzení, zdali koexistují omega a alfa fáze.

Str. 75 a Obr. 4.28a

The material at room temperature consists of beta phase matrix and omega particles, although omega peaks are small and wide at this temperature (see Fig. 4.28a).

Reflexe od omega fáze nejsou viditelné, měly by být tedy alespoň vyznačeny obdobně jako reflexe beta fáze. Pravděpodobně jsou reflexe omega fáze velmi široké kvůli malé velikosti precipitátů omega_{ath}.

Str. 76, 77, a Obr. 4.33

...the maxima of amplitude of omega and alpha peaks are shifted to higher temperatures. For omega phase it is 465°C and the volume fraction of omega phase at this temperature is 37 % (see Fig. 4.28b).

Obr 4.33 však ukazuje, že teplota, kde je maximum omega fáze, spíše mírně poklesla, a v maximumu je okolo 50%.

Str. 78

Although it could appear from Fig. 4.29, that alpha phase does not completely dissolve during further heating to 850°C.

Toto bych se z Obr. 4.29 neodvážil tvrdit. Je celkem zřetelné, že alfa reflexe vymizely hluboko pod 850degC. Zřejmě překlep či špatná formulace.

Str. 83

The maximum volume fraction of omega phase is 52 % (due to the presence of Nb peaks in diffraction patter (see above in Fig. 4.28) this value is incorrect;

Pokud je známo, jak korigovat, měl být obrázek 4.33a korigován. Takto je dosti zavádějící, třeba při srovnání absolutních hodnot s Obr. 4.33b, kde jsou zřejmě frakční objemy správné.

Str. 86

4.7 Discussion

The electrical resistance of multiphase metals (i.e. metastable beta-Ti alloys) is affected by the area of the phase interfaces and by stress fields around these interfaces [1].

Tato věta měla být již v popisu experimentální metody, spolu s dalšími fyzikálními základy rezistometrie (např. elektron-fononovou interakcí).

Str. 86

The knowledge of mean values of the semiaxes R_L and R_V of omega particles and relative number of irradiated particles N/N_0 , allows us to compare ...

Mělo by být řečeno, z čeho jsou R_L a R_V známy (z kontextu plyne, že se zřejmě ze synchrotronového měření, ale ani v příslušné sekci není řečeno, že R_L a R_V byly fitované parametry).

Str. 86

Transformations ongoing in the low temperature region (bellow 200 C) are fully reversible during repetitive cooling and heating [3, 40, 41].

Také toto konstatování mělo být vysloveno dříve. Nejprve se zdá z Fig. 4.2, že procesy probíhající během ohřívání jsou reversibilní. Poté se na str. 56 hovoří pouze o ireverzibilním procesu. Vyjasnění, kde je reverzibilní a kde ireverzibilní teplotní oblast již v dřívějších oddílech dizertace by bylo vítané.

Str. 88

On the other hand, during the XRD and ND, the thermocouples were placed at a certain distance from the investigated sample and the measured temperature could be lower that the real temperature of the specimen.

Odhad chyby měření teploty by měl být uveden u každé z použitých technik.