

Oponentský posudek disertační práce:

Peter Molnár: „Neutron diffraction studies of martensitic transformation and deformation processes in shape memory alloys“

Předložená disertační práce je věnována experimentálnímu studiu slitin s tvarovou pamětí (SMA). Tyto slitiny patří do třídy tzv. funkčních materiálů, jejichž vlastnosti mají původ v reversibilní martensitické transformaci v pevné fázi. Při této transformaci dochází ke vzniku velkého množství hranic dvojčatění, které se v materiálu mohou snadno pohybovat pod vlivem napětí, teploty či magnetického pole. Z tohoto hlediska se jedná o vysoce aktuální problematiku studia materiálů s velkým aplikačním potenciálem. Práce je věnována zejména detailnímu studiu procesů spojených s intramartensitickými hranicemi dvojčatění. Tyto procesy jsou studovány jak pomocí makroskopických termodynamických metod, tak i mikroskopicky pomocí neutronové difrakce. Právě vývoj metodiky a využití neutronové difrakce přineslo řadu nových, nesmírně cenných poznatků o dynamice fázových transformací v SMA.

Práce samotná, psaná velmi dobrou angličtinou, je po formální stránce členěna do deseti kapitol včetně závěrečného shrnutí a návrhů na další pokračování výzkumu. Následuje vyjádření disertanta o míře vlastního podílu na prezentovaném výzkumu, apendix, shrnující přehlednou formou transformační strukturní matice orthorhombického martenzitu a bibliografie. Bibliografie práce obsahuje 98 citací.

Ve stručném úvodu do problematiky SMA podává autor přehled známých systémů, jejich složení a strukturních transformací. Dále se věnuje popisu bezdifuzní martenzitické fázové transformace, vedoucí k efektu tvarové paměti, aplikací těchto a příbuzných materiálů. Následuje krystalografický popis různých struktur SMA a matematický popis martenzitické transformace, zejména procesu dvojčatění. Popis je doprovázen množstvím názorných obrázků a dává tak čtenáři jasnou představu o transformačním procesu. Ve třetí kapitole se disertant věnuje termodynamice martenzitické transformace z hlediska Gibbsovy volné enthalpie jednosložkového systému a ve čtvrté kapitole zavádí feromagnetické SMA typu Ni-Mn-Ga, u kterých k efektu tvarové paměti dochází pod vlivem vnějšího magnetického pole. Rozebírá vliv magnetokystalové anizotropie na posuv rovin dvojčatění v magnetickém poli různé orientace. V páté kapitole se autor věnuje problematice neutronové difrakce na monokrystalu s ohledem na využití této metodiky ve vlastní práci.

Poté autor stručně, leč výstižně formuluje cíle práce, zejména z metodického hlediska. V práci si klade za cíl využít možností neutronové difrakce jak ke kontrole kvality objemných krystalů (objem cca jednotky ccm), tak k vyšetřování dynamiky procesu dvojčatění *in situ*.

Těžiště vlastní práce začíná šestou kapitolou, která je věnována experimentálnímu studiu deformačních procesů v monokrystalu Cu-Al-Ni. Po subkapitolách popisující přípravu a charakterizaci studovaného vzorku se autor věnuje metodice a technice přípravy martenzitických fází v původně austenitickém vzorku. Takto upravený vzorek je pak studován pomocí neutronové difrakce s ohledem na možné pozorované strukturní varianty martenzitické fáze (kapitola 7). Za jeden z nejcennějších výsledků celé práce považují zjištění v 7.3.1, že dochází k fázové transformaci i v oblasti elastické deformace, kde žádný takový proces nebyl očekáván. Tyto výsledky jsou doplněny makroskopickým i mikroskopickým studiem transformačního procesu indukovaného mechanickým napětím, kde autor srovnává optické mikrofotografie povrchu s *in situ* studiem pomocí neutronové difrakce.

V osmé kapitole se disertant věnuje studiu efektu magnetické tvarové paměti na monokrystalu Ni-Mn-Ga. Jedná se o první mikroskopické studium mechanismu magnetické tvarové paměti Ni-Mn-Ga pomocí neutronové difrakce, umožňující přímé pozorování objemových frakcí dvou martenzitických fází. Opět byla oproti očekávání pozorována i druhá frakce martenzitické

fáze, která nevymizela ani při vysokém zatížení. Dále autor sleduje vliv magnetického pole a tím způsobenou reorientaci magnetického momentu na zastoupení jednotlivých martenzitických frakcí.

V závěru autor stručně shrnuje dosažené výsledky a podává výhledy dalšího výzkumu do nejbližší budoucnosti.

Zde považuji za nutné zdůraznit, že za tímto stručným popisem se skrývá obrovské množství práce ve vývoji metodiky, v získání experimentálních dat a jejich vyhodnocení. Z formálního hlediska bych autorovi pouze vytkl špatnou čitelnost popisu některých obrázků.

K práci samé mám jediný dotaz či námět k zamyšlení – nakolik je možno závěry kapitol 6, 7 a 8 považovat za obecné, nezávislé na konkrétním vzorku?

Uvedeným dotazem nechci nikterak zpochybňovat kvalitu předložené práce, pouze tím dokumentuji svůj zájem o studovanou problematiku. Rád konstatuji, že Ing. Peter Molnár předložil práci, která je zejména po metodologické stránce významným příspěvkem do vysoce aktuálního výzkumného programu. Ing. Molnár jednoznačně prokázal schopnost samostatné vědecké práce, využití dostupného experimentálního vybavení, kritické analýzy výsledků a jejich interpretace v rámci současných modelových představ. Práce rozhodně není uzavřenou kapitolou, autor má předpoklady pro samostatnou tvořivou práci. Domnívám se, že práce rozhodně splňuje požadavky kladené na disertační práci.

Práci doporučuji k obhajobě a věřím, že po úspěšné obhajobě bude Ing. Molnárovi přiznán titul Doktor.

V Praze, 25.1.2008

