

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Hodnocení mikrostruktury kované slitiny 6082 metodou EBSD
Jméno autora:	Mikuláš Kačena
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav materiálového inženýrství
Oponent práce:	Vladivoj Očenášek
Pracoviště oponenta práce:	SVÚM a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bakalářské práce patří mezi náročnější, a to jak z pohledu metodického a experimentálního, tak z pohledu zvoleného materiálu a technologie jeho přípravy pro experimentální hodnocení struktur. Pro hodnocení mikrostruktury tvářeného a tepelně zpracovaného materiálu hliníkové slitiny EN AW 6082 byla zvolena EBSD analýza pomocí SEM podpořená světelnou mikroskopií. Interpretace výsledků získaných metodou EBSD vyžaduje teoretické znalosti související s pochopením podstaty metody s návazností na technologické parametry přípravy experimentálního materiálu. Podrobnější vyjádření k obtížnosti tématu práce je uvedeno v komentáři v posledním odstavci posudku.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Předložená bakalářská práce splňuje zadání.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení obsah práce a její členění jsou v souladu se zadáním práce a pokyny pro její vypracování. V rámci řešení práce byly použity metody strukturní analýzy a metody řešení, které korespondují s cílem práce.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Z výsledků práce a interpretace a diskuse výsledků vyplývá, že student využil znalosti získané studiem teoretické literatury, a že se seznámil s problematikou tváření a tepelného zpracování slitin hliníku.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
K jazykové a typografické úrovni nemám žádné připomínky. Rozsah práce a členění do jednotlivých kapitol je vyvážené. Výsledky jsou shrnuty přehledně v závěrech zprávy. Některé připomínky jsou uvedeny v obsáhlejší komentáři v posledním odstavci tohoto posudku.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Pro teoretickou přípravu, hodnocení výsledků a jejich diskusi byly použity relevantní zdroje, které jsou v práci řádně citovány.	

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Tento komentář je zaměřen na vysvětlení některých aspektů, které ukazují na náročnost zvoleného tématu a obtížemi, se kterými se musel vypořádat autor při interpretaci získaných výsledků.

Pro hodnocení mikrostruktury tvářené a tepelně zpracované slitiny EN AW 6082 byla použita metoda EBSD. Jedná se o analýzu mikroobjemů struktury, která se provádí ve struktuře, která je z pohledu makroobjemu výrazně nehomogenní. Interpretace výsledků je proto závislá jak na výběru místa určeného pro analýzu, tak na "historii", kterou materiál procházel. Nehomogenita struktury výkovku má původ již v nehomogenitě výchozí kruhové tyče, jejíž struktura je usměrněna a ovlivněna nejen vlastním tvářením ale i tepelným zpracováním litých čepů (homogenizace). Lisováním usměrněná a tím výrazně anizotropní struktura je dále nehomogenním způsobem deformována v kovadlech (ploštění). Struktura je proto ve finále po tepelném zpracování po průřezu výrazně nehomogenní, s různým stupněm protváření v objemu a s výskytem hrubých rekrystalizovaných vrstev u povrchu. Původ těchto povrchových hrubozrnných vrstev může být už v lisování a je zvýrazněn podmínkami deformace v kovadlech. Z tohoto důvodu byla správně pozornost při strukturních analýzách zaměřena na místa ve středu průřezu a v povrchové oblasti. Nehomogenita struktury a tepelná historie vývoje struktury (homogenizace lité struktury, tvářením za tepla a tepelné zpracování skládající se z rozpouštěcího žhánání a umělého stárnutí) kladla proto značné nároky na interpretaci výsledků měření a jejich diskusi. Výsledná struktura z hlediska odpeňovacích dějů je proto ovlivněna nejen tvářením za tepla a rozpouštěcím žhánáním ale i stavem výchozí lisované a homogenizované struktury. Stav odpeňování struktury se proto výrazně mění v objemu výkovku místo od místa.

Dále jsou uvedeny některé formální připomínky, připomínky k formulacím a k diskusi výsledků.

Str. 12⁹: „křemík“ místo „síra“

Str. 14¹³: „dvoustupňové“ místo „dvojitě“

Str. 24₁: v kontextu odstavce je vyjádření o vlivu žhánání nepřesné – záleží na typu žhánání (homogenizační, odstranění vnitřních napětí, rekrystalizační, umělé stárnutí);

Str. 25, odst. 2.4.1 dole: matoucí - doba homogenizačního žhánání není vázána na stav velikosti zrna (pravděpodobně se jedná o záměnu homogenizačního a rozpouštěcího žhánání). Doba homogenizačního žhánání 0,5 h je příliš krátká, doba 16 h je naopak pro rozpouštěcí žhánání příliš dlouhá a je použitelná pro homogenizační žhánání lité struktury.

Str. 27, dole: při přestárnutí se nevytváří „termodynamicky stabilní tuhý roztok Mg₂Si“ ale vzniká rovnovážná fáze Mg₂Si a dochází přitom ke ztrátě koherence této fáze s okolní maticí;

Str. 52, druhý odstavec: k rekrystalizaci nedošlo v průběhu vytvrzování ale při ohřevu na teplotu rozpouštěcího žhánání.

Při interpretaci výsledků rekrystalizované struktury byl používán nepřesně pojem „postdynamická rekrystalizace“. Tento pojem se vztahuje obvykle pouze na děj, který probíhá bezprostředně po tvářením za tepla. V práci lze interpretaci tohoto pojmu a jeho význam chápat tak (např. str. 38, 48), že zahrnuje nejen vliv teploty po tvářením za tepla ale i vliv teploty při rozpouštěcím žhánání. Z hlediska účinku na strukturu zrn lze po tepelném zpracování velmi obtížně určit a odlišit od sebe účinek teploty tvářením a následného rozpouštěcího žhánání. Účinek teploty rozpouštěcího žhánání překrývá a mění účinky dynamických a postdynamických odpeňovacích procesů.

U vzorku 124 (Přílohy 1, 3 a 5) se ve středu výkovku jedná pravděpodobně o převážně nerekrystalizovanou (zotavenou) strukturu (subzrna). Povrch je již hrubě dynamicky a postdynamicky zrekrystalizován.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Autor bakalářské práce splnil cíle, které byly formulovány v zadání práce. Výsledky náročných experimentů interpretoval na základě získaných znalostí, a to jak v oblasti teoretické, tak v oblasti, která se týkala technologických parametrů výroby lisovaných a za tepla tvářených tyčí ze slitiny EN AW 6082. Výsledky přehledně zpracoval do bakalářské práce a shrnul do závěrů, které vystihují nejdůležitější výsledky. K autorovi práce mám následující dotazy:

- Byly k dispozici parametry výroby lisované tyče, tj. parametry homogenizačního žhánání, parametry lisování (teplota, rychlost, slisovací poměr) a případně stav při dodání (z výroby F, tepelné zpracování)?
- Použité zařízení pro tvářením za tepla, ohřev nástrojů?

- Jak probíhalo chladnutí výkovku po tváření za tepla?
- Jaká byla korelace výsledků při posuzování zrn mezi metalografií a EBSD analýzu, tj. při rozhodování, zda v tepelně nezpracovaném, tj. v za tepla tvářeném stavu, jde o nízkoúhlovou hranici nebo vysokoúhlovou hranici (rekrytalizované zrno x polygonizací zotavené subzrno)?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 9.8.2023

Podpis:

