

H. Haferkamp; P. Bohling; P. Juchmann

Výzkum materiálu budoucnosti. Superlehké slitiny hořčík-lithium vyvinuty

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 40 (1995), No. 2, 96--99

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139349>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1995

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Výzkum materiálu budoucnosti

Superlehké slitiny hořčík–lithium vyvinuty

H. Haferkamp, P. Bohling, P. Juchmann

Kov budoucnosti musí být tvrdý jako ocel a přesto lehčí než hliník. Vědečtí pracovníci Univerzity v Hannoveru se tomuto cíli o kus přiblížili vývojem „superlehké slitiny hořčíku a lithia“.

Vzhledem ke stoupajícímu zatížení životního prostředí a zmenšujícím se přírodním zdrojům se již nějaký čas usiluje o vývoj extrémně lehkých a zároveň recyklovatelných konstrukčních materiálů. To platí především pro ty obory techniky, ve kterých je podstatné zrychlení hmoty, tedy zvláště pro automobilový, letecký a kosmický průmysl nebo pro obor jemné mechaniky. Aby bylo možno zmenšit hmotnost jednotlivých strojů a konstrukcí, což šetří energii a suroviny, je třeba použít takové materiálové kombinace, které vykazují příznivý poměr mezi hustotou a mechanickými vlastnostmi a které lze vyrábět univerzálně a s relativně malými náklady. Výhodná je též snadnost oddělování jednotlivých složek při recyklačním procesu. V této souvislosti si zasluhují zvláštní pozornost slitiny magnesia. Ve srovnání s hliníkovými slitinami mají hořčíkové slitiny o 40 % menší hustotu. Proti kompozitním polymerům mají přednosti kovových materiálů při zpracování litím, kováním a sintrováním a stejné výhody při recyklaci. To, že hořčík je získáván především z chloridu hořečnatého obsaženého v mořské vodě a jeho zásoby jsou tedy téměř nevyčerpatelné, jenom podtrhuje jeho význam jako suroviny. Výzva docílit parametrů superlehkých materiálů s hustotou menší než 1500 kg/m^3 pomocí kombinace s nejlehčím kovovým prvkem — lithiem, ta vědce z oboru materiálového výzkumu přímo fascinuje. Již téměř dvacet let se věnují — s proměnlivou intenzitou — základnímu výzkumu tohoto dvousložkového systému. Ve srovnání s konvenčními hořčíkovými slitinami disponuje tento materiál právě díky příměsi lithia nejen pozoruhodnou výhodou nízké hustoty, ale i zlepšenou možností tváření. Převládající negativní vlastnosti — malá mechanická pevnost a nízká odolnost proti korozi — přesto dodnes omezují použití tohoto materiálu jen na ojedinělé uprotřebené v amerických a ruských projektech kosmických letů.

Prof. Dr.-Ing. HEINZ HAFERKAMPF je mluvčím vědecké skupiny „Výroba, zpracování a zkoušení superlehkých slitin na bázi hořčíku, lithia a vodíku“ podporované Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Z německého originálu „Forschung für den Werkstoff der Zukunft“, Forschung, Mitteilungen der DFG 2/93, s. 24, přeložila IVANA STULÍKOVÁ.

Výzkumná skupina vytvořená na univerzitě v Hannoveru se již několik let věnuje dalšímu vývoji Mg–Li superlehkých slitin. Vedle základní myšlenky integrálního vývoje tohoto materiálu hraje roli také i pozdější průmyslové upotřebení a tedy i výběr a vývoj výrobních postupů a zkušebních technik. Tak se např. paralelně provádějí pokusy s kováním práškové formy materiálu, nebo zkoušky bez destrukce materiálu. Tyto metody je třeba uzpůsobit pro specifické vlastnosti této novodobé skupiny materiálů. Základní binární slitina je při své hustotě 1300 kg/m^3 šestkrát lehčí než ocel a má poloviční hmotnost než hliník. Obsahuje 60 atomových % Mg a 40 atomových % Li.

Podstatné zvýšení schopnosti tváření

Z metalurgického hlediska jsou komponenty Mg i Li charakteristické extrémně vysokou chemickou reaktivitou s běžnou atmosférou, což vyžaduje přinejmenším použití ochranného plynu při přípravě taveniny. Hořčík v pevné formě je díky hexagonální mřížce, ve které krystalizuje, křehký. Přidání lithia příznivě ovlivňuje krystalickou strukturu, a tak s rostoucím podílem lithia v materiálu se podstatně zvyšuje tvařitelnost materiálu. Atomy Li jsou v hořčíku velmi pohyblivé, a proto tento materiál má velkou tendenci k odměšení. Tento proces vede k destabilizaci výrobků, zvláště za vyšších teplot a při mechanickém namáhání. Na rozdíl od materiálů na bázi hliníku, které v normální atmosféře tvoří na povrchu uzavřenou oxidovou vrstvu, která materiál chrání před další oxidací, u slitin Mg–Li se vytvářejí obecně nesouvislé a stále rostoucí reakční vrstvy. Rostoucí obsah lithia vede společně s vlhkým prostředím ke zintenzivnění tohoto rozpadového procesu spojeného se spojitou ztrátou materiálu. Proto opatření vedoucí ke zlepšení technologických vlastností musí směřovat především k omezení difúze lithia.

Určitou možnost řešení skýtá přídavek třetího prvku, který omezuje pohyblivost lithia jednak jako jeho difúzní konkurent a jednak tím, že vytváří dodatečné vazby omezující difuzivitu. Pokusy se vháněním vodíku do taveniny potvrzují odpovídající stabilizační efekty vedoucí ke znatelným zlepšením mechanické a chemické odolnosti. Experimenty s odplyněním dokumentují vysokou stabilitu sloučenin bohatých na vodík, neboť zřetelný úbytek vodíku lze pozorovat až při teplotách nad 400°C .

Zvýšení odolnosti

Další možnosti se týkají využití různých mechanismů zpevnění. Tím se míní vytvoření co nejmeněji rozptýlených struktur překážek bránících deformaci, které znesnadňují pohyb krystalických rovin vyvolaný vnějšími silami a tím zlepšují odolnost materiálu při vyšším namáhání. Sem patří především cizí částice obsahující další prvek, zvláště pak takový prvek, který tvoří s Mg nebo Li sloučeniny. Přídavek nepatrných množství hliníku a zinku vede při pokojové teplotě ke značnému zlepšení vlastností. Zhrubnutí precipitátů urychlené teplotním zatížením zkracuje však nepostradatelnou dlouhodobou stabilitu technického materiálu. V současné době předběžné pokusy ukazují, že

tento problém bude moci být úspěšně zvládnut zvýšením obsahu tepelně odolných substancí, které se v pevném stavu v Mg–Li prakticky nerozpouštějí, jako např. křemík, vápník nebo zirkon. Navíc již malý obsah vápníku zmenšuje korozi natolik, že ve srovnání s běžnou stavební ocelí byly pozorovány jen poloviční ztráty materiálu. Pro cílenou modifikaci složení slitin a jejich vlastností jsou k dispozici metalurgicko-technologické postupy umožňující zpracování vysoce reaktivních tavenin téměř bez kontaminace, které zajišťují reprodukovatelné výrobní a zpracovatelské podmínky.

Výroba takové slitiny probíhá v tavicí peci pod ochrannou atmosférou. Tavenina žádaného složení se homogenizuje míchacím zařízením tak, aby se dosáhlo rovnoměrného rozdělení komponent s rozdílnou hustotou a odlévá se do ocelových forem. Dodatečným, strukturu zjemňujícím, termomechanickým zpracováním odlitku se docílí výrazné zlepšení mechanických vlastností a zlepšení odolnosti proti korozi ve srovnání s výchozím stavem.

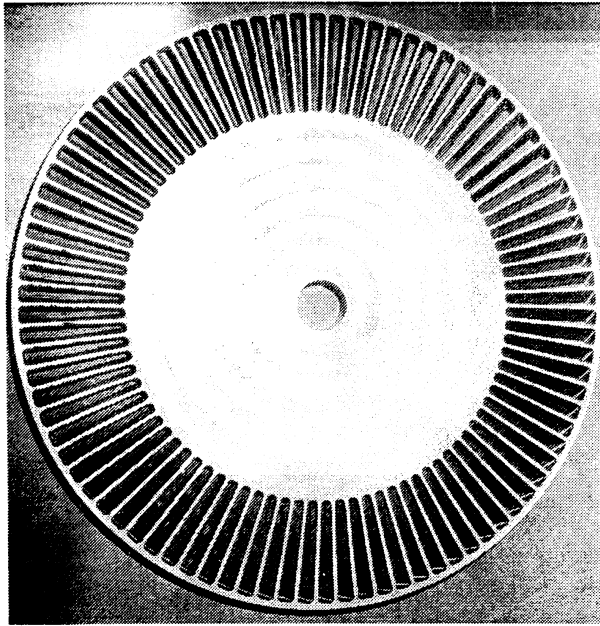
Zvýšením rychlosti ochlazování taveniny se podaří vytvořit stav „zmrazené“ homogenizované taveniny a tak zhotovit materiálové kombinace, které nelze vyrobit konvenční technikou lití. Při této proceduře je třeba zajistit intenzivní odvod tepla. Proto se tavenina nejprve pod ochranným plynem (argon) rozpráší proudem plynu s velmi vysokou energií na malé, kapičkovité částičky, které jsou po úplném zchladnutí přeneseny pod ochrannou atmosférou jako jemný, kuličkovitý prášek do zásobníku.

Stabilní vlastnosti materiálu

Velikosti částic dosažitelné na současných plnoautomatizovaných zařízeních pro rozptyl taveniny leží, podle podmínek vlastního procesu, v oblasti mezi 0,02 a 0,25 mm. Potom se prášek slitiny za zvýšeného tlaku a teploty zhušťuje v kompaktní materiál. Cílem tohoto ve srovnání s lící technikou nákladného postupu je získat izotropní pevnou strukturu tvořenou stejnorodými částičkami a tak zaručit konstantní materiálové vlastnosti pro speciální použití s vysokým stupněm náročnosti.

Všechny zkušební materiály byly podrobeny podrobným analýzám a zkouškám. Mikroskopy s vysokou rozlišovací schopností a metody röntgenové strukturní analýzy dovolují nyní proniknout do nejjemnějších strukturních oblastí a v korelaci s makroskopickými zkušebními metodami konstrukčních materiálů dovolují přesnou charakteristiku jednotlivých materiálů. Z nově získaných znalostí se pro budoucnost dají odvodit opatření ke zlepšení vlastností materiálů.

Jedním z prvních příkladů použití superlehkých slitin Mg–Li je 30 cm velká lamelová destička vyrobená z experimentálních důvodů pro tak zvaný neutronový selektor (viz obr. 1), která při vysokorychlostním testu přestála více než minimálně požadovaných 20 000 otáček za minutu. Rotory tohoto druhu umožňují rozlišení definovaných rychlostí záření při výzkumu magnetických materiálů, elektronických prvků a umělých hmot. Vynikající opracovatelnost a schopnost lithia absorbovat neutrony propůjčují tomuto typu materiálu mnohoslibnou použitelnost ve srovnání s kompozitními polymery.



Obr. 1.

Pro základní metalurgický výzkum je velmi důležitý dlouhodobý vývojový cíl: umožnit technické uplatnění extrémně lehkých slitin Mg-Li až do teploty 200 °C. I přes slibné dílčí úspěchy je však další intenzivní výzkum nezbytně nutný. Tento výzkum směřuje jednak k optimalizaci dosavadních technologických postupů, jednak k nezbytnému vývoji dalších slitin na bázi Mg-Li, které budou mít kromě vyhovujících mechanických vlastností i uspokojivou odolnost proti korozi.

Adresa autorů:

Prof. Dr.-Ing. Heinz Haferkampf
Dipl.-Ing. Peter Bohling
Dipl.-Ing. Peter Juchmann
Institut für Werkstoffkunde
Universität Hannover
Appelstr. 12A,
30167 Hannover
BRD