

Oponentský posudek

Bakalářská práce: *Výroba a dosažené hodnoty duplexních ocelí*
Autor: **Jan Brotánek**

Oponent: Ing. Soňa Benešová, Ph.D.

Bakalářská práce řeší problematiku tepelného zpracování duplexní austeniticko-feritické oceli s označením GX2CrNiMoN22-5-3 podle normy ČSN EN 10283. Cílem práce je zjištění mechanických vlastností, tj. meze pevnosti, meze kluzu, tažnosti, kontrakce a dále nárazové práce vzorků z tzv. přilítných zkoušek, kdy jeden typ vzorků odpovídal litému stavu, druhý typ vzorků byl podroben rozpouštěcímu žíhání při teplotě 1100°C po dobu 6 hodin a ochlazen na vzduchu a třetí typ vzorků byl rovněž podroben shodnému rozpouštěcímu žíhání s následným ochlazením ve vodě. Stanovení mechanických vlastností bylo doplněno metalografickým rozborem a fotografiemi lomových ploch, provedených na elektronovém rádkovacím mikroskopu.

Po formální stránce je práce dostatečně rozsáhlá, má 40 stran. Ostatní požadavky, kladené na vysokoškolskou publikaci, ovšem splněny nejsou. Počet obrázků a tabulek není uveden, jejich číslování je nesprávné, takže např. na straně 11 je obr. 1, jiný obr. 1 je na str. 21 a rovněž na str. 23 nalezneme další obr. 1. Někdy jsou jako obrázky uvedeny tabulky (obr. 4 a 5 na str. 18 a 19 jsou ve skutečnosti tabulky). Kapitoly nejsou číslovány, u některých obrázků chybí popis. Naprosto nevyhovující je jazyková stránka práce, kdy např. v poděkování o délce 3 a půl řádků jsou 3 hrubé chyby plus nesprávně uvedený titul. Zejména potom kapitoly, které čerpají z anglicky psaných zdrojů, předkládají místy zcela nesrozumitelný text a jsou evidentně přeloženy automatickým překladatelem bez další korektury. Velké množství gramatických chyb svědčí nejen o tom, že student nezná pravopis, ale ani se neobrátil na nikoho, kdo by práci zkontroloval a opravil.

V rešeršní části je možné nalézt mnoho odborných chyb. V první kapitole v první větě je ferit vydáván za železo alfa, podobně austenit za železo gama. Student tak nezná rozdíl mezi tuhým roztokem a čistým prvkem - železem. V kapitole nazvané Duplexní oceli je podán historický a moderní vývoj. Obě kapitoly jsou zřejmě produktem automatického překladatele a neposkytují podstatné informace. Na str. 11 je obrázek popsán jako „ternární diagram metalurgických vlastností“, jedná se ovšem o řez pravděpodobně ternárním fázovým diagramem systému Fe-Ni-Cr pro obsah železa 40%. Celá řada slovních obrátů je nesrozumitelná, např. TOO stabilizování austenitu, kde zkratkou TOO je označena teplem ovlivněná oblast, používaná ve svařování. Dále je v této kapitole zmiňovaná historická ocel UR50, údajně známá jako Uran 50, správně byla tato ocel známá jako Uranus 50. Tuto informaci považuji za nepodstatnou, avšak zavádějící. V kapitole „Moderní vývoj“ je předloženo dělení duplexních ocelí na „chudé duplexy, tažnou značku, 25Cr duplex a superduplex“. Není zřejmé, podle čeho je toto dělení provedeno a co znamená „tažná značka“, zda se jedná o duplexní ocel, určenou k tažení za studena, nebo něco jiného. Chemické složení některých typů duplexních ocelí je údajně uvedeno v tab. 3, tato tabulka v práci není označena a zřejmě se jedná o tabulku na str. 16, která ovšem předchází tab. 1 a 2 na str. 20. Kap. nazvané Strukturní změny, Fáze sigma, Mechanické vlastnosti a Korozní odolnost čerpají z tradiční české literatury a jsou proto poněkud odborně i jazykově lepší, avšak ani stručně se nezabývají příčinami jevů, které jsou popisovány, např. co se děje při vytvrzování austeniticko-feritických ocelí v oblasti „křehkosti 475°C“, proč je obtížnější zmiňované válcování těchto ocelí za tepla, není ani stručně zdůvodněn uváděný mechanismus katodické korozní ochrany austenitu feritem, o mechanismu korozní odolnosti duplexních ocelí není nikde pojednáno. Rešeršní část je povrchní, poskytuje náhodné a nesouvisející informace a nesplňuje požadavky bakalářské práce.

Experimentální část práce začíná kapitolou, popisující materiál, který byl testován, a způsob odlití zkušebního bloku. Zde není uvedeno, na jakém pracovišti nebo v které firmě byl zkušební blok odlit, což se opakuje v následujících kapitolách, nikde není uváděno, na jakém pracovišti byla měření prováděna, není jasné, zda se student na měřeních podílel nebo jestli pouze nepřevzal výsledky např. z mechanické zkušebny konkrétní firmy. V kapitole „litý stav“ jsou uvedeny mez

pevnosti, mez kluzu, tažnost, kontrakce a hodnota nárazové práce KV testovaného materiálu, avšak není ošetřen rozptyl hodnot, např. stanovením směrodatné odchylky, není uveden ani počet zkoušených vzorků. Mikrostruktura litého stavu je uvedena na str. 23 až 24, a je podle autora práce tvořena směsí austenitu, feritu, částicemi σ - fáze a vměstky. Kvalita metalografických obrázků je nízká, jsou patrné škrábance po broušení. Závažnější je ovšem přítomnost velkého počtu malých „teček“, patrných v zrnech austenitu (obr. 2 na str. 23), které při větším zvětšení vypadají jako drobné „bublinky“. V práci tyto oblasti nejsou diskutovány a není zřejmé, zda jde o strukturní složku nebo důsledek nedostatečné metalografické přípravy. V kap. Tepelné zpracování přilítých zkoušek se hovoří o žíhání při teplotě 1100°C s cílem rozpustit karbidy Cr a Mo, tyto však nejsou v mikrostruktuře uváděny. Mikrostrukturní obrázky po tepelném zpracování rozpouštěcím žíháním s ochlazením do vody nebo na vzduchu jsou provedeny lépe, bylo zjištěno, že při pomalém ochlazení na vzduchu se ve struktuře vyskytují drobné částice křehké σ - fáze, kdežto po ochlazení ve vodě se nevyloučí. Dále byla u všech vzorků provedena zkouška rázem v ohybu pro teploty od 40°C do teplot -100°C a byly zakresleny přechodové křivky. Každé měření bylo opakováno 3x, ale ve vyhodnocení opět chybí směrodatná odchylka nebo jiný způsob vyhodnocení rozptylu (např. v %), je pouze stanoven aritmetický průměr z měření, rovněž vyhodnocení přechodové teploty chybí. Celkový dojem z práce zvyšují fotografie lomových ploch ze zkoušek vrubové houževnatosti pro teploty 40°C a -100°C pro všechny tři typy vzorků, provedené na elektronovém řádkovacím mikroskopu. Také tam lze nalézt chyby a nepřesnosti, např. na obr. 20 a 21 je pod jiným číslem uveden zcela totožný obrázek.

Z práce vyplynulo, že po tepelném zpracování dojde k mírnému poklesu meze pevnosti a meze kluzu vzhledem k litému stavu, avšak je pozorován výrazný vzestup tažnosti a vrubové houževnatosti, která vzrostla 3x až 4x.

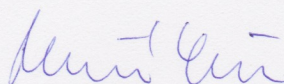
Vzhledem ke značnému rozsahu experimentálních měření přes celkově nízkou úroveň práce doporučuji práci k obhajobě a hodnotím ji klasifikačním stupněm dobře.

Otázka k obhajobě:

1. Při rozpouštěcím žíhání hovoříte o rozpouštění karbidů Mo a Cr, v práci se však pojednává výlučně o σ - fázi. Co se děje při rozpouštěcím žíhání sledované duplexní oceli?

2. Ve struktuře po TZ jsou patrné oblasti s velmi jemnými zrny austenitu vedle oblastí se zrny většími, které ve stavu po odlití nejsou. Co je příčinou a mají vliv na zvýšení vrubové houževnatosti?

3. Co se děje v oblasti křehkosti feritu při teplotách 475°C?



Ing. Soňa Benešová, Ph.D.

V Plzni 31.5.2016