

KINETIKA RŮSTU ZRNA OCELÍ PRO HMOTNÉ VÝKOVKY C35E, SA-508 A 3,5Ni-1,5Cr

Jakub HORNÍK^A, Jana SOBOTOVÁ^A, Petr ZUNA^B, František JANDOŠ^B

^A Ústav materiálového inženýrství, fakulta strojní ČVUT v Praze, Karlovo nám. 13, 121 35, Praha 2, CZ, e-mail: jakub.hornik@fs.cvut.cz., j.sobotová@email.cz, petr.zuna@fs.cvut.cz

^B Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o. Plzeň s.r.o., Tylova 1581/46, 301 00, Plzeň, CZ, e-mail: frantisek.jandos@centrum.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá porovnáním kinetiky růstu zrna vybraných ocelí používaných k výrobě hmotných odlitků v lodním a energetickém průmyslu v intervalu obvyklých tvářecích teplot. Porovnávány jsou uhlíková ocel C35E a nízkolegované svařitelné oceli SA-508 a 3,5Ni-1,5Cr. Austenitické zrno výrazně nehrubne do teploty 1000 °C. Nad touto teplotou je již hrubnutí zrna hodnocených ocelí výrazné.

Úvod

Problematika výroby hmotných odlitků je specifická technologicky i ekonomicky a to zejména množstvím tedy i hmotností zpracovávaného materiálu a faktem, že se jedná z praktického hlediska o kusovou výrobu. Pokud výrobek nedosáhne kvality požadované zákazníkem, je obvykle výrobek nutno sešrotovat a dochází tak k vysokým ekonomickým ztrátám. Práce je motivována řešením problematiky vzniku lokální hrubozrnnosti, která je jednou z často se vyskytujících vad hmotných výkovek. Velikost zrna má výrazný vliv na průběh mikrostrukturních změn během opakované deformace při tváření a tím na finální vlastnosti výrobku [1 - 3].

Experimentální materiál

Materiál byl dodán firmou Pilsen Steel s.r.o. ve formě hranolů nebo desek obrobených z výkovek z oceli C35E se zvýšeným obsahem N, SA-508 a rotorové oceli 3,5Ni-1,5Cr. Chemické složení hodnocených materiálů je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1: Chemické složení hodnocených ocelí

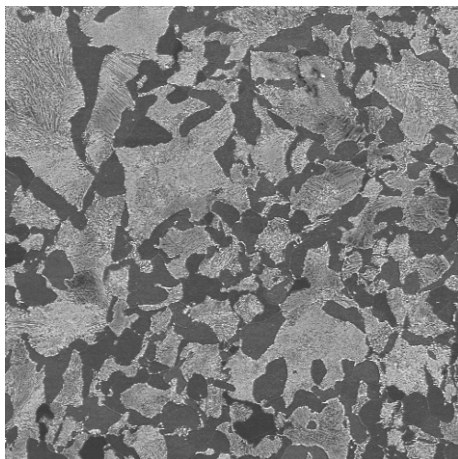
Prvek [hm %]	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	V	Al	N
C45E	0.45	0.75	0.19	0.005	0.003	0.09	-	0.02	0.001	-	0.021	0.008
SA-508	0,18	1,27	0,27	0,005	0,001	0,07	0,64	0,48	0,002	0,01	0,029	0,004
Ni-Cr	0,21	0,31	0,10	0,004	0,002	1,75	3,58	0,46	-	0,08	0,008	0,003

Experimentální metody

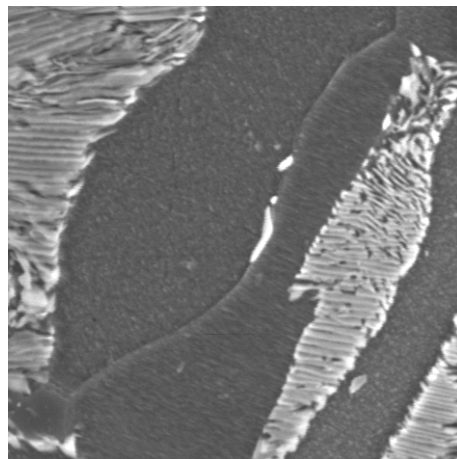
Tepelné zpracování probíhalo v elektrické odporové peci LAC na vzorcích o velikosti cca 15 x 15 x 15 mm opatřených nátěrem KALSEN v zásypu korundu a drceného koksu pro omezení oduhlíčení vzorků. Teploty žíhání byly 850, 900, 1000, 1100, 1200 a 1250 °C. Výdrž na teplotě byla zvolena 15 minut a 1 hodina. Vzorky byly ochlazovány do vody pro možnost hodnotit velikost původního austenitického zrna.

Velikost austenitického byla hodnocena světelnou mikroskopií na metalografických výbrusech. Hranice původních austenitických zrn byly vyvolány leptadly NITAL, Vilela-Bain nebo činidlem na bázi roztoku kyseliny pikrové a FeCl_3 .
Výsledky a diskuse výsledků

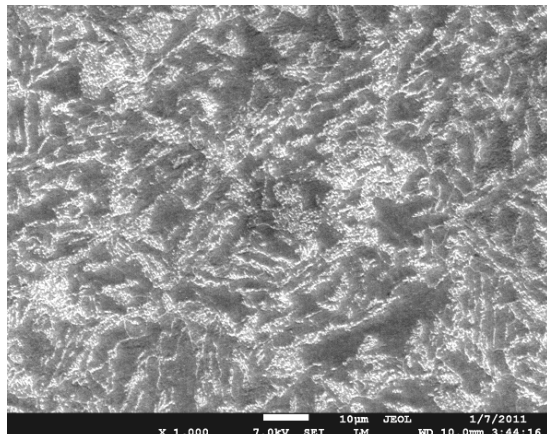
V dodaném (výchozím) stavu je mikrostruktura oceli C35E perliticko-feritická s polyedrickým zrnem o velikosti cca (25- 40) μm . Ocel SA-508 a 3,5Ni-1,5Cr mají mikrostrukturu bainitickou s polyedrickým původním austenitickým zrnem o velikosti (50 – 70) μm resp. (70 – 90) μm .



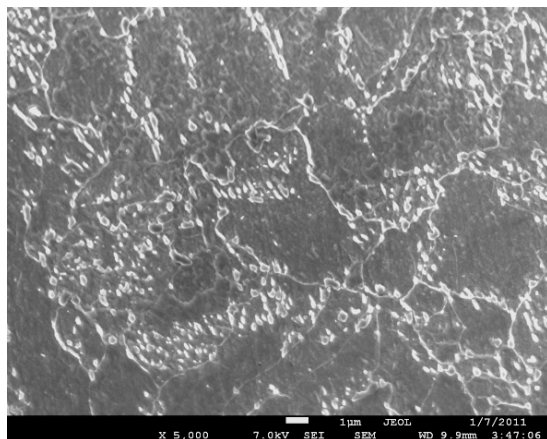
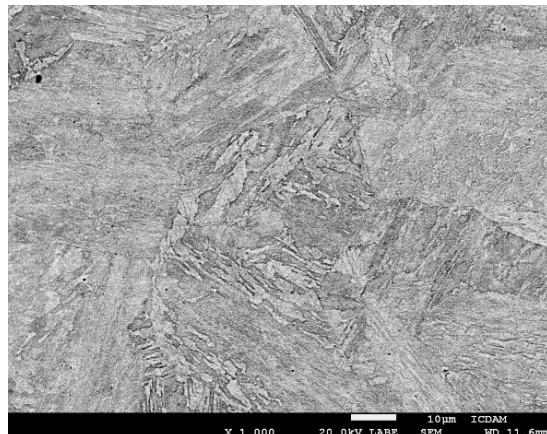
C45E 100 x



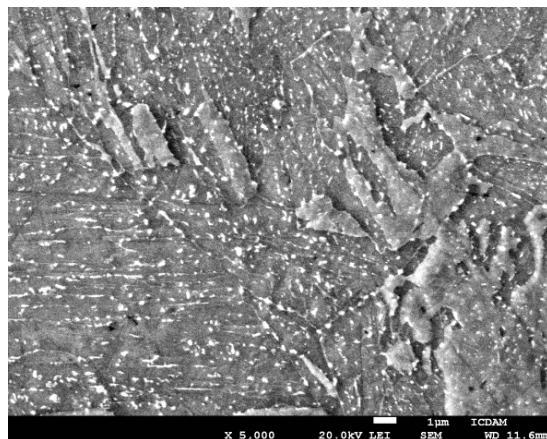
C45E – 1000 x



SA-508

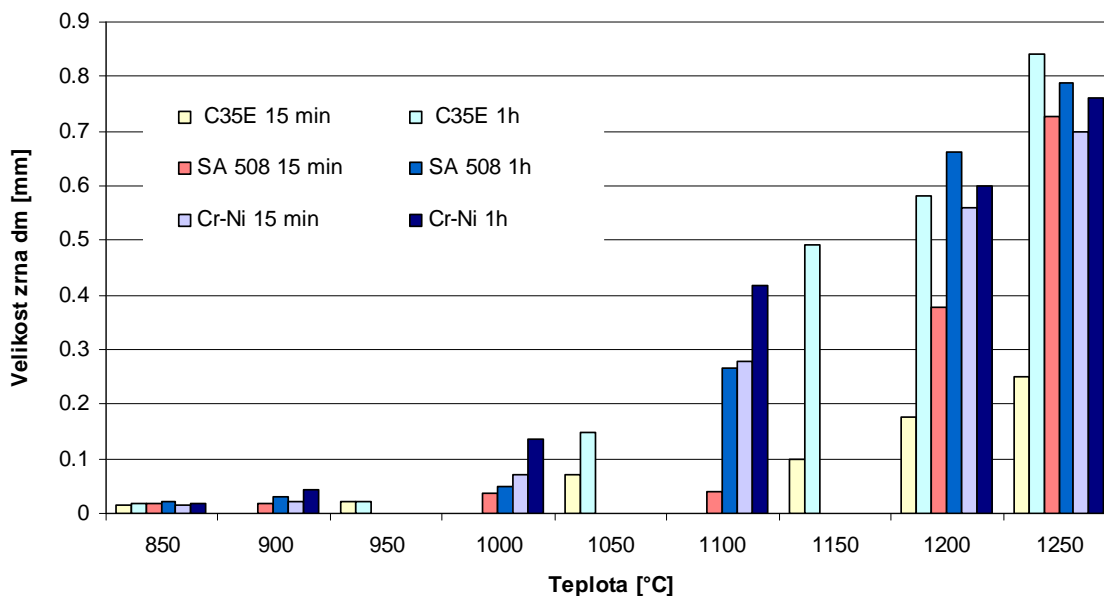


3,5Ni-1,5Cr



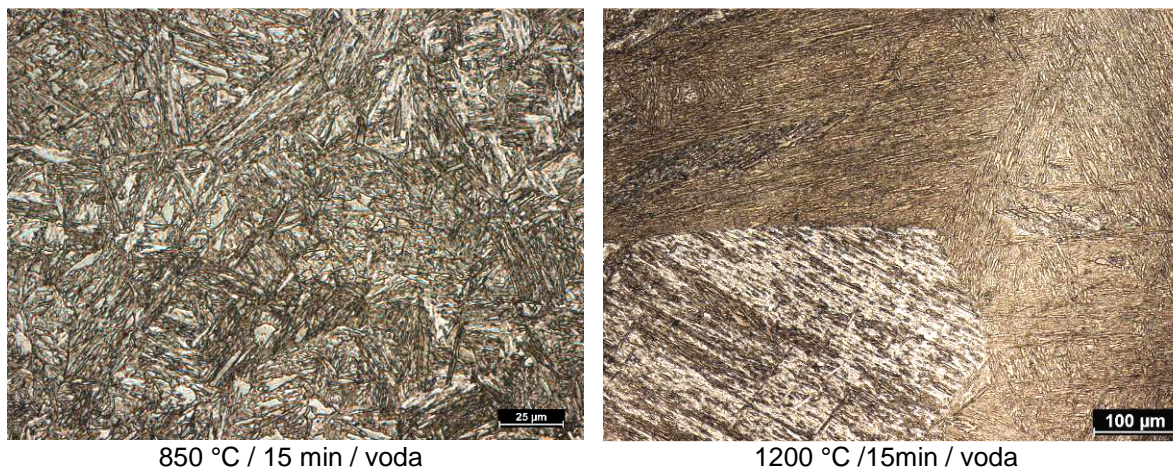
Obr. 1: Mikrostruktury ocelí v dodaném stavu - SEM

Výsledky experimentu jsou souhrnně uvedeny v grafu na obr. 2. Z vyhodnocení je patrné, že ohřevem při nízkých teplotách dochází k výraznému zjemnění původní mikrostruktury. Výraznější hrubnutí zrna nebylo u všech ocelí pozorováno do teploty 1000 °C. Nad touto teplotou dochází k rozpouštění méně stabilních částic blokujících hranice austenitických zrn a selektivnímu růstu zrn se zvýšenou pohyblivostí hranic. V případě ocelí C35 E a 3,5Ni-1,5Cr je patrné výrazné bimodální rozdělení velikosti zrna v rozsahu teplot 1050 °C – 1200 °C. Pro příklad je dokumentován rozdíl ve velikosti zrna oceli 3,5Ni-1,5Cr po žihání po dobu 15 minut při teplotě 850 °C a 1200 °C na obr. 3.



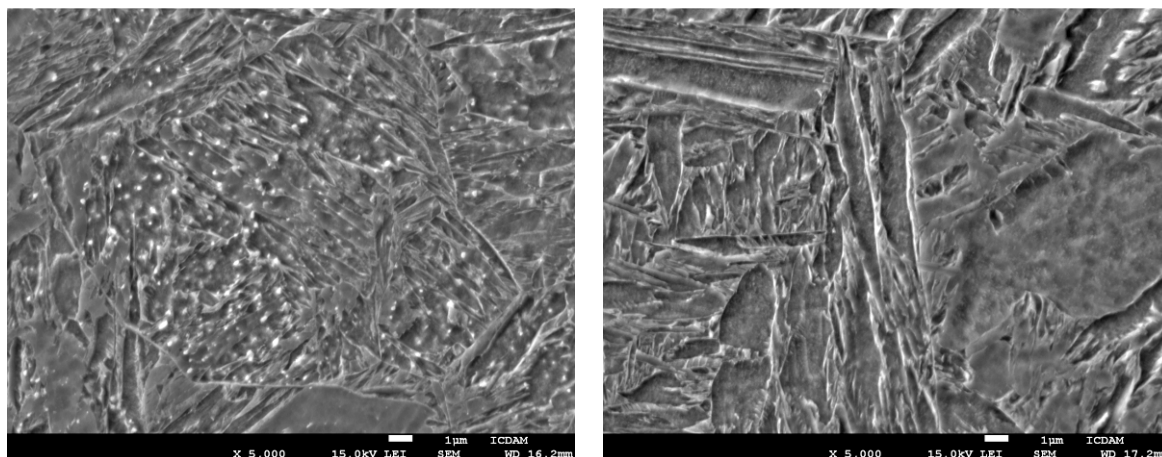
Obr. 2: Velikost původního austenitického zrna hodnocených ocelí

Zrno oceli C35E hrubne při prodlevě 15 min nejpomaleji. Po hodinové výdrži dosahuje zrno této oceli největších rozměrů. Do teploty 1100 °C dosahuje nejnižších hodnot zrno oceli SA-508. Při této teplotě je patrný nejvýraznější rozdíl ve velikostech zrna při obou sledovaných časech žihání u všech ocelí. Při nejvyšších žihacích teplotách se u všech ocelí snižují rozdíly ve velikostech původního austenitického zrna.



Obr. 3: Mikrostruktura oceli 3,5Ni-1,5Cr

Kvalitativní hodnocení mikrostruktury žíhaných vzorků ochlazených ve vodě řádkovacím elektronovým mikroskopem (obr. 4) prokázalo při nízkých teplotách žíhání přítomnost částic vyskytujících se na hranicích původních austenitických zrn a mezi martenzitickými jehlicemi. Porovnání s mikrostrukturami ocelí žíhaných při vyšších teplotách prokázalo snižování množství i velikosti přítomných částic. Precipitáty se prakticky nevyskytují od teplot 1200 °C po hodinové prodlevě na žíhací teplotě.



850 °C / 15 min / voda

1200 °C / 15min / voda

Obr. 4: Mikrostruktura oceli 3,5Ni-1,5Cr

Závěry

Při nejnižších teplotách žíhání dochází ke zjemnění původního austenitického zrna oproti dodanému stavu u všech sledovaných ocelí.

Zrno ocelí C35E, SA-508 a rotorové oceli 3,5Ni-1,5Cr výrazněji nehrubne do teploty 1000 °C.

Nad touto teplotou je patrný nárůst velikosti zrna zejména po hodinové výdrži na teplotě. Při této teplotě nejméně hrubne zrno oceli SA-508.

Podíl částic vyskytujících se po hranicích zrn a mezi martenzitickými jehlicemi klesá s rostoucí teplotou. Od teploty 1200 °C se precipitáty v mikrostrukturách všech ocelí téměř nevyskytují.

Pro podrobnější rozbor sledovaných jevů je třeba provést kvantitativní vyhodnocení přítomných částic.

Poděkování

Příspěvek vznikl v laboratořích Inovačního centra diagnostiky a aplikace materiálů na ČVUT v Praze - ICDAM (projekt OPPK CZ.2.16/3.1.00/21037) v rámci řešení projektu MPO TI2/132.0.

LITERATURA

- [1] Žídek, M. – Dědek, V. – Sommer, B.: *Tváření ocelí*. SNTL/ALFA, Praha, 1988. 520 s.
- [2] Žídek, M.: *Metalurgická tvařitelnost ocelí zatepla a zastudena*. ALEKO, Praha, 1995. 360 s. ISBN 80-85341-45-X.
- [3] Dieter, G. E. – Kuhn, H. A. – Semiatin, S. L.: *Handbook of workability and process design*, ASM INT., 2003